Б.Хофман

при участии
Э. Дюнас

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН

ТВОРЕЦ И БУНТАРЬ

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Автор любой биографической книги всегда стоит перед проблемой отбора, тем более автор книги об Эйнштейне. Абсолютно полных биографий не существует; не претендует на это и наш труд. Мы попытались в рамках небольшой работы дать представление об этом человеке так, чтобы его образ проступил, насколько это возможно, через все то, что он сам написал; при этом большое место мы отвели его научной деятельности. Ибо наука была такой существенной частью натуры этого человека, таким стержнем всего его существа, что любая биография была бы не более чем собранием анекдотов и весьма поверхностным сочинением, если бы с легкостью прошла мимо этого. О его научной деятельности сказано достаточно, чтобы показать во всей глубине те отличительные черты, которые придают ей величие. Мы стремились построить свой рассказ таким образом, чтобы он носил сугубо повествовательный характер и чтобы читатель мог уловить сущность этого человека и его научной работы, а также окунуться в научную и политическую атмосферу той эпохи, в которой жил и творил Альберт Эйнштейн. Автор

- Альберт Эйнштейн. ТВОРЕЦ И БУНТАРЬ
  - Об Эйнштейне — мыслителе и бунтаре
  - 1. ВЗРОСЛЫЙ И РЕБЕНОК
  - 2. МАЛЬЧИК И ЮНОША
  - 3. ПРЕЛЮДИЯ
  - 4. НОВОЕ
  - 5. СТРАСТИ ВОКРУГ АТОМА
  - 6. ЛУЧШИЕ ВРЕМЕНА
  - 7. ОТ БЕРНА ДО БЕРЛИНА
  - 8. ОТ «PRINCIPIA» К ПРИНСИПИ[18]
  - 9. ОТ ПРИНСИПИ ДО ПРИНСТОНА
  - 10. ВОЙНА И БОМБА
  - 11. КОСМИЧЕСКИЕ ГОРИЗОНТЫ
  - 12. ВСЕ ЛЮДИ СМЕРТНЫ
- notes
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
  - 6
  - 7

- ○ 8
- ○ 9
- ○ 10
- ○ 11
- ○ 12
- ○ 13
- ○ 14
- ○ 15
- ○ 16
- ○ 17
- ○ 18
- ○ 19
- ○ 20
- ○ 21
- ○ 22
- ○ 23
- ○ 24
- ○ 25
- ○ 26
- ○ 27
- ○ 28
- ○ 29
- ○ 30
- ○ 31
- ○ 32
- ○ 33
- ○ 34
- ○ 35
- ○ 36
- ○ 37
- ○ 38
- ○ 39
- ○ 40
- ○ 41
- ○ 42
- ○ 43
- ○ 44
- ○ 45
- ○ 46
- ○ 47

Альберт Эйнштейн. ТВОРЕЦ И БУНТАРЬ

Одно я познал за свою долгую жизнь: вся наша наука наивна и проста по сравнению с реальностью — и все же это самое драгоценное, что у нас есть.

Альберт Эйнштейн

Об Эйнштейне — мыслителе и бунтаре

Внимание к этой книге привлекает уже само ее название. Меня всегда манила тайна соединения мысли, логического ряда дедукций — того, что выражается термином «мыслитель», — с эмоциональным отказом от привычного, то есть с тем, что характерно для «бунтаря». Автор — американский математик — написал эту книгу в сотрудничестве с Элен Дюкас — секретарем Эйнштейна с 1928 г. до дня его смерти. Когда-то, если не ошибаюсь, в 1962 г., мы с Элен Дюкас побывали в кабинете Эйнштейна в доме на Мерсер-стрит, 112, а затем долго бродили по садам и рощам Принстона, и она рассказывала о личности Эйнштейна. Элен Дюкас умерла совсем недавно. Это печальное известие пробудило давние воспоминания и желание посвятить ее памяти хоть несколько строк.

Но пока — немного о значении творчества и личности Эйнштейна за пределами физики. Прошло уже несколько десятилетий со дня смерти великого мыслителя, и тем не менее чувство утраты не исчезает. В 1955 г., когда умер Эйнштейн, многие, даже далекие от физики люди, испытали ощущение, сходное с тем, какое Леонид Андреев выразил в связи со смертью Льва Толстого в небольшой заметке «Смерть Гулливера», написанной в 1910 г. Когда Гулливер был жив, лилипуты слышали стук его гигантского сердца, который успокаивал их. И вот это сердце замолкло. Но стук сердца Эйнштейна не успокаивал, а вдохновлял людей, наделенных всепобеждающим разумом. И этот стук не замолк. Он стал громче: неклассическая физика стала неклассической наукой.

Во второй половине нашего столетия теория относительности сблизилась с квантовой механикой, выросли новые астрофизика, биофизика, изменились методы математики и — что самое главное — изменилось отношение между научной интуицией и логическим мышлением. Изменилась и сама логика.

Именно в этом отношении между научной интуицией и логикой — ключ к пониманию новой роли личности, психологии и эмоций человека в научном творчестве. «Автобиографические наброски» Эйнштейна, опубликованные как раз в хронологической середине века, в 1949 г.[1],— редчайший образец мировой автобиографической литературы, в котором столь ярко проступает поглощенность наукой. Но и в научной литературе трудно найти работу, в такой мере пронизанную

свойствами личности.

В «Набросках» Эйнштейн говорит об интуиции как о необходимом переходе от эмпирических впечатлений к логическим умозаключениям. Та же мысль в какой-то мере повторена в письме Морису Соловину от 1952 г.: «Квинтэссенцией всего этого является извечная проблема соотношения между миром идей и ощущений (чувственных восприятий)»[2]. Связь между ними — психологическая, интуитивная, но отнюдь не логическая.

Во второй половине нашего столетия интуитивный характер перехода от эмпирии к логике стал еще более явным. Вообще говоря, этот далеко еще не завершенный период в развитии науки в значительной и притом в возрастающей мере продолжает, реализует и выявляет не только собственно физические идеи Эйнштейна, но и психологические, интуитивные черты его творчества. Вторая половина века вполне заслуживает названия «послеэйнштейновский период». И здесь — прямая связь между личностью мыслителя, стилем его мышления и содержанием его открытий и идей. Современный ученый черпает в творчестве Эйнштейна не только научные истины, но и стиль его творческой деятельности, основанной на доверии к научной интуиции и понимании интуитивных корней логических дедукций.

Французские ученые Илья Пригожин и Изабелла Стенгерс назвали свою недавно вышедшую книгу «Новый альянс», имея в виду новый альянс человека и природы[3]. Наука второй половины века гуманизируется не только в процессе своего применения (а с этим связан оптимистический прогноз мира и самого бытия человека), но и по своим методам. Вот почему так важно сохранить образ Эйнштейна, особенности его личности, детали биографии.

Упомянем еще об одной существенной для физика и для всей человеческой культуры проблеме. Это проблема необратимости времени — «стрелы времени». Если классическая механика имела дело с обратимыми движениями, повторениями и циклами, то наука XIX в. уже была знакома с проблемой необратимости времени: необратимым ростом энтропии в изолированных системах, необратимым онтогенезом и (в эволюционной биологии) филогенезом в живой природе. Однако единой концепции необратимого времени не было. Ее нельзя было вывести из теории относительности, о чем Эйнштейн не раз писал своему другу Бессо (заметим в скобках, что их переписка[4], выпущенная в начале 70-х гг., — замечательный по своему значению источник сведений об идеях, биографии и личности Эйнштейна). По-видимому, единая теория необратимого времени

вырастает из объединения теории относительности и квантовой механики, из новой астрофизики, биохимии и новой, неравновесной термодинамики[5].

В целом весь XX век, начиная с теории относительности (присоединившей время к пространству в качестве четвертой координаты), квантовой механики и включая упомянутые направления науки второй половины века, был веком «вновь возвращенного времени»[6] и шагом вперед к созданию единой истории природы и человека. Этот «новый альянс» прямо подводит нас к проблеме связи личности и логически выведенных из общих аксиом научных констатаций.

Теперь о воспоминаниях, пробужденных книгой «Эйнштейн — творец и бунтарь». Мне не довелось лично встречаться с Эйнштейном. И когда я писал книгу о нем, перечитывая, вернее, стараясь перечитать все работы, ему посвященные, или когда выступал в качестве одного из редакторов собрания трудов Эйнштейна, еще раз перечитывая его собственные сочинения, — тот «внутренний диалог», который ведет с собой каждый человек, размышляющий о мире и его познании, остался в значительной мере нереализованным, односторонним. Об Эйнштейне мне много рассказывали люди, его знавшие: сначала А.Ф. Иоффе, потом Леопольд Инфельд, затем Роберт Оппенгеймер, де Бройль и, наконец, Элен Дюкас. Мне вспоминается следующий эпизод. В кабинете Эйнштейна я вспомнил о заимствованной мною у Антонины Валлянтен фразу, с грустью сказанную Эйнштейном о том, что это он «открыл ящик Пандоры» своим письмом Рузвельту об атомной бомбе. За несколько дней до этого я прочел в «Литературной газете» рецензию Н. Погодина на вышедшую тогда мою книгу об Эйнштейне. Погодин сомневался в вероятности такой реплики. Характерно, что интуиция художника оказалась ближе к реальности, чем эрудиция историка. По словам Элен Дюкас, «профессор Эйнштейн никогда не думал о своей роли в истории и науке; он никогда вообще не думал о себе. Он мог сказать такую фразу как ответ на реплику, но вряд ли с грустью». Это «недумание о себе», поглощенность познанием мира и судьбами людей отчетливо проступают и в письмах, и в «Автобиографических набросках», но общение с людьми, лично знавшими Эйнштейна, глубже раскрывает его душу, чем чтение его писем или сочинений.

Элен Дюкас рассказала также об упомянутом в предлагаемой читателю книге эпизоде с переписыванием от руки первой статьи по теории относительности. Я невольно сравнил этот живой рассказ с записанным Хофманом. Как передать «тон, который делает музыку»? Во всяком случае, вспоминать, записывать,

рассказывать нужно как можно больше, и я рад, что в книге «Эйнштейн — творец и бунтарь» наряду с изложением открытий много биографических воспоминаний.

Это желание знать о личности ученого представляется не только эмоционально, но и фактически необходимым для понимания современной науки, оно обладает гносеологической ценностью. Любопытно, сколь различен интерес к личности ученого в те или иные исторические периоды — например, в древности, средние века, новое время и, наконец, в современности. О личности Аристотеля мы не знаем почти ничего, но это не мешает нам, как не мешало комментаторам Аристотеля во все времена, изучать его идеи, хотя участники прогулок в Ликее могли бы рассказать о нем немало интересного. О Ньютоне мы знаем гораздо больше, но это почти не связано (а если и связано, то в очень незначительной степени) с содержанием «Начал». Что же касается гениальных мыслителей XX в., то о них нам необходимо знать как можно больше. Разве рассказы (подробные, эмоционально окрашенные) о беседах Эйнштейна и Бора не помогут нам понять суть их дискуссии о квантовой механике? Все дело — в явной психологической, интуитивной подоплеке логических коллизий. Сейчас, в новейшей неклассической науке (она — неклассическая не только потому, что отказалась от классических устоев, но и потому, что не заменила их новыми, претендующими на окончательную устойчивость) меняется сама логика научного мышления. Такие металогические переходы уже нельзя вывести логически, они требуют интуиции, они неотделимы от психологии, от эмоций, от всего того, что объединяется понятием «личность».

Эти вкратце высказанные и в сущности гносеологические соображения мне и хотелось изложить в связи с новой книгой об Эйнштейне.

Б. Г. Кузнецов

Председатель Эйнштейновского комитета Международного союза истории и философии науки

1. ВЗРОСЛЫЙ И РЕБЕНОК

В этой книге мы расскажем историю очень простого человека.

Суть личности Эйнштейна — в его простоте; а суть его научного творчества — в его артистизме, феноменальном чувстве красоты. «Некогда это было парадоксом, но наш век это доказывает», — сказал Гамлет, правда, по другому поводу.

Вот парадокс, над которым предстоит поразмыслить. Но это не все. По мере того как будет разворачиваться рассказ об Эйнштейне, слова Гамлета, хотя и вырванные из контекста, приобретут новое и неожиданное содержание. Ибо Эйнштейн поведал немало парадоксального о Времени.

Конечно, больше всего известно о теории относительности Эйнштейна, принесшей ему мировую славу. Вслед за славой пришло нечто вроде идолопоклонства, претившего самой натуре Эйнштейна. К своему собственному удивлению, он стал живой легендой, истинно народным героем, оракулом, которого принимали члены королевских семей, государственные деятели и другие знаменитости и с которым публика и пресса обращались скорее как с кинозвездой, чем как с ученым. Когда в пору расцвета Голливуда Чаплин взял Эйнштейна на гала-просмотр своего фильма «Огни большого города», толпы людей окружили лимузин, чтобы поглазеть на них обоих. Обращаясь в крайнем смущении к Чаплину, Эйнштейн спросил: «Что все это значит?» — на что мудрый Чаплин с горечью ответил: «Ничего».

И хотя слава принесла с собой неизбежные проблемы, она была бессильна испортить Эйнштейна; тщеславие было ему чуждо. В нем не было ни самомнения, ни преувеличенного чувства собственной значимости. Журналисты докучали ему неуместными и нелепыми вопросами. Не иссякал поток художников, скульпторов и фотографов — как знаменитых, так и никому не известных, — жаждущих запечатлеть Эйнштейна. Но несмотря на все это, он сохранил присущие ему простоту и чувство юмора. Однажды в поезде некий пассажир, не узнав Эйнштейна, спросил о его профессии. Эйнштейн грустно ответил: «Я — модель для художников». Уставший от просьб дать автограф, он заметил своим друзьям, что погоня за автографами — новейший пережиток каннибализма: раньше люди поедали себе подобных, а теперь довольствуются заменяющими жертву символами. Как-то Эйнштейн печально поведал по поводу того, что с ним носились как со знаменитостью: «В молодости я мечтал тихо сидеть где-нибудь в уголке, занимаясь своим делом, и не привлекать к себе никакого внимания. И вот посмотрите, что из

меня получилось».

Задолго до того, как о нем узнала широкая публика, Эйнштейн был признан в кругу физиков. Его теория относительности состояла из двух частей: специальной и общей. Но только после первой мировой войны, когда наблюдения солнечного затмения подтвердили предсказание общей теории относительности, до публики стало доходить, что в мире науки произошло нечто значительное. Эйнштейн появился в период беспрецедентного кризиса в физике. Теория относительности была не единственным революционным переворотом в науке начала XX в. Квантовая теория — а ее мы тоже коснемся в своем повествовании — разрабатывалась более или менее одновременно с теорией относительности и была даже более радикальной, чем последняя. Тем не менее квантовая теория не так потрясла мировую общественность, а ее создатели не стали столь популярными, как творец теории относительности.

Возник миф, что лишь полдюжины ученых во всем мире способны понять общую теорию относительности. Когда Эйнштейн впервые представил ее на обсуждение специалистов, это, возможно, и не было большим преувеличением. Но миф не исчез и после того, как десятки авторов выступили с объяснениями теории относительности. Он оказался весьма живучим и отчасти дожил до наших дней, когда, по последним оценкам, ежегодное число статей по общей теории относительности колеблется от семисот до тысячи.

Этот миф и наблюдения солнечного затмения придали теории относительности атмосферу таинственности чуть ли не вселенского масштаба и поразили воображение общества, стремившегося забыть страдания и ужасы первой мировой войны. Но даже на самый поверхностный взгляд теория относительности возвышается над другими научными достижениями. В письме, которое Эйнштейн написал, когда ему исполнился 51 год, подчеркивалось, что он считает эту теорию делом своей жизни, а все остальное для него — Gelegenheitsarbeit — работа, выполненная между прочим. Но значение Gelegenheitsarbeit Эйнштейна не следует преуменьшать. Макс Борн, лауреат Нобелевской премии по физике, удачно сказал, что Эйнштейн «был бы одним из величайших физиков-теоретиков всех времен, даже если бы он ни строчки не написал об относительности». К такому же выводу приводит и текст официального постановления о присуждении Нобелевской премии самому Эйнштейну. Если наивно принять этот текст за чистую монету, то можно с полным правом сказать, что Нобелевская премия присуждена Эйнштейну за часть его Gelegenheitsarbeit. Но все это ни в коей мере не

противоречит исключительной значимости его теории относительности.

Карл Зелиг, один из самых значительных биографов Эйнштейна, однажды обратился к нему с вопросом, не унаследовал ли тот свой талант к науке от отца, а талант к музыке — от матери. Эйнштейн совершенно искренне ответил: «У меня нет никакого таланта — только страстное любопытство. Следовательно, отпадает вопрос о наследственности». Эйнштейн говорил так не из скромности, скорее, им руководила осторожность. Он постарался как можно точнее ответить на неточно сформулированный вопрос. И если представить себе, что вопрос относился к артистизму Эйнштейна в науке, то, безусловно, Зелиг имел в виду нечто другое. В вопросе содержался намек на то, что Музыка значила для Эйнштейна не меньше, чем наука. Конечно, Эйнштейн ценил музыку и играл на скрипке лучше многих любителей. Но если в науке он сравним с Ньютоном (которого Эйнштейн глубоко почитал), то можно ли с таким же основанием сравнить его с Моцартом (любимым композитором Эйнштейна)?

Эйнштейн ни в коей мере не был дилетантом в науке. Его дарование глубоко профессионально. Талант выдающегося профессионала в любой области, будь то геология или подделка денег, способен вызывать у обывателя благоговение. Но талант — не очень редкое явление, к тому же по профессиональным меркам научный талант Эйнштейна и его технические способности не поражали воображение. Его превосходили многие. В строгом смысле слова, у Эйнштейна в самом деле не было особого научного дара. Но стоило ему прикоснуться к научной проблеме, как та преображалась, словно по мановению волшебной палочки. Эйнштейн обладал подлинно волшебным талантом, выходящим за рамки логики, — талантом, выделяющим гения из массы менее значительных, но более талантливых, чем он, людей.

Мы сумеем убедиться в этом далее. Эйнштейн вскользь коснулся этой темы в своей автобиографии, хотя слова его звучали вполне скромно. В конце концов, не мог же он прямо заявить: «Я — гений». Вот его объяснение, почему он стал физиком, а не математиком:

«Причиной того, что я до некоторой степени пренебрегал математикой, было не только преобладание естественнонаучных интересов над интересами математическими, но и следующее своеобразное чувство. Я видел, что математика делится на множество специальных областей и каждая из них может занять всю отпущенную нам короткую жизнь. И я увидел себя в положении буриданова осла, который не может решить, какую же

охапку сена ему выбрать. Дело было, очевидно, в том, что моя интуиция в области математики была недостаточно сильна… Но [в физике] я скоро научился выискивать то, что может повести в глубину, и отбрасывать все остальное, т. е. то, что перегружает ум и отвлекает от существенного».

Столь могучая интуиция не поддается рациональному объяснению. Ей не обучишь, ее не сведешь к правилу — в противном случае все могли бы стать гениями. Она бьет ключом изнутри. Альберт Эйнштейн написал свою автобиографию, когда ему было шестьдесят семь лет, и в ней он вспоминает о важном событии, которое произошло более шестидесяти лет назад. Он любил рассказывать об этом. Как-то в возрасте 4–5 лет, когда он болел, отец принес ему компас. Многие дети были знакомы с такой игрушкой. Но воздействие компаса на маленького Альберта оказалось и впечатляющим, и… пророческим. Будучи уже на склоне лет, Эйнштейн отчетливо припоминает охватившее его много лет назад ощущение чуда: недосягаемая и полностью изолированная стрелка компаса тем не менее подвержена воздействию невидимой силы, заставляющей ее поворачиваться на север. Неважно, что магнитная стрелка не большее (но и не меньшее) чудо, чем стремящийся к земле маятник. Ребенку уже были знакомы и маятники, и падающие предметы. Он воспринимал их без удивления. В то время Альберт еще не мог осознавать, что и в них заключена тайна. Не мог он также знать, что ему предстоит внести огромный вклад в наше понимание гравитации. Для маленького Альберта магнитная стрелка явилась откровением. Она не укладывалась в привычные рамки, была как бы насмешкой над сложившейся у ребенка простой картиной упорядоченного физического мира. В своей автобиографии Эйнштейн пишет: «Я помню еще и сейчас — или мне кажется, будто помню, — что этот случай произвел на меня глубокое и длительное впечатление».

Эти слова примечательны со многих точек зрения. Они говорят и о внезапном пробуждении страстного любопытства, которому суждено было стать спутником Эйнштейна на всю жизнь. А может быть, и о внезапной кристаллизации чего-то врожденного, уже длительное время формировавшегося в нем. Зная, чего достиг Эйнштейн в своей жизни, мы воспринимаем эти слова из его автобиографии как доказательство того, что он нашел свое métier[7] в раннем возрасте. И все-таки нечто странное слышится в его словах — недаром на них задерживается наше внимание. Прочтем их снова: «Я помню еще и сей час — *или мне кажется, будто помню,* — что этот случай произвел на меня глубокое и длительное впечатление». Разве не звучат они

несколько нелогично? Если этот случай действительно произвел на Эйнштейна «глубокое и длительное впечатление» у него не должно было бы возникнуть никаких сомнений. К чему же тогда это осторожное «или мне кажется, будто помню»?

Не поймали ли мы великого Эйнштейна на противоречии самому себе? С поверхностной точки зрения — да, а если копнуть глубже, то нет. Эйнштейн часто рассказывал об этом. Он знал, что человеческая память несовершенна и что частое повторение одного и того же способно привести к преувеличениям, которым начинает верить сам рассказчик. Эйнштейн был убежден, что компас произвел на него неизгладимое впечатление. И все же это воздействие могло оказаться не столь огромным, как ему самому представлялось. Заметьте сколь простодушно выражает Эйнштейн мысль, утвердившуюся в его сознании. Это не преднамеренная оговорка. Разрывая логику повествования, она внезапно возникает как бы из глубин подсознания и вскрывает инстинктивное стремление Эйнштейна к истине. Более того, парадоксальностью этой оговорки Эйнштейн подчеркивает правдивость своего высказывания.

Что можно сказать о его автобиографии? Мы уже дважды обращались к ней. Она — истинный клад. И это действительно так, хотя мы вправе были бы ожидать от автобиографии чего- то иного. Отношение Эйнштейна к биографиям было вполне определенным. Один известный поэт написал биографию выдающегося ученого XIX в. и попросил Эйнштейна написать предисловие. В ответ Эйнштейн писал в 1942 г.:

«По-моему, существует лишь один способ представить великого ученого широкой публике: обсудить и разъяснить общепонятным языком и те задачи, которые он решал всю жизнь, и сами решения. И это под силу только тому, кто глубоко владеет материалом… Внешняя сторона жизни и взаимоотношения людей имеют в общем-то второстепенное значение. Конечно, в такой книге следует уделить внимание и личной жизни ученого; но это не должно быть основным, особенно, если его научные достижения не отражены ни в какой другой работе, В противном случае получится нечто банальное: не глубокое проникновение в суть, а чисто эмоциональное любование героем. На собственном опыте я убедился, сколь отвратительно и нелепо, когда серьезный человек, поглощенный важными делами, восхваляется невеждами.

В любом случае не могу открыто поддержать подобное начинание, считая его не вполне достойным. Мои слова звучат резковато; я даже опасаюсь, что вы воспримете их как ничем не оправданную недоброжелательность. Но я таков и не могу быть

другим».

В очень редких случаях Эйнштейн одобрял посвященные ему биографии. В предисловии к биографии, автором которой был его зять Рудольф Кайзер[8], он, в частности, писал:

«Я обнаружил, что факты в этой книге изложены с должной точностью, а характеристика в целом настолько положительна, насколько она может относиться к человеку, который прилагает столь большие усилия, чтобы изменить себя, и которому это до такой степени не удается.

Но что, по всей видимости, опущено, так это то иррациональное, противоречивое, нелепое и, в общем, даже нездоровое, что неисчерпаемо изобретательная природа вложила в одного индивида, сделав это, скорее, ради собственного развлечения. Но выделить подобные вещи можно только в горниле своего разума».

Итак, нам следует с большим вниманием отнестись к автобиографии Эйнштейна. Правда, едва ли ее можно назвать автобиографией в привычном понимании этого слова.

Если даже ответ поэту, работающему над биографией жившего в XIX в. ученого, мог показаться резковатым, то эго ничто по сравнению с теми требованиями, которые Эйнштейн предъявлял к самому себе. Появлением автобиографии Эйнштейна мы обязаны настойчивости и особому дару убеждения, присущими профессору философии Полю Артуру Шилппу. Шилпп редактировал серию книг о крупнейших философах современности, таких, как Дьюи, Сантаяна, Уайтхед или Рассел. Отчетливо понимая, что Эйнштейн мог бы с полным правом значиться среди ведущих философов, Шилпп задался целью дополнить серию его биографией. Каждая книга этой серии посвящалась одному человеку. В ней содержались автобиография ученого, написанная специально для этого издания, а также серия очерков с оценкой его работ и критическими замечаниями. В заключение сам ученый отвечал на все замечания — таким образом он получал возможность исправить ошибочные толкования своей теории и пояснить то, что было неясным.

Несмотря на убедительность доводов Шилппа, Эйнштейн отказался написать автобиографию, согласившись вместо этого написать научную автобиографию. С юмором висельника он говорил о ней как о некрологе, а когда работа была завершена, назвал ее не «Автобиография», а «Автобиографические наброски»[9] (немецкое «Autobiographisches»)[10]. Она значительно отличается от обычной автобиографии, которая, скорее всего, начиналась бы так: «Я родился 14 марта 1879 года в городе Ульме в Германии». У Эйнштейна нет и намека на биографические

сведения. Не найти у него и фраз вроде: «У меня была младшая сестра, ее звали Майя», или «У меня два сына от первого брака», или «Мою мать звали Паулина». Однако говорится о том ощущении чуда, которое охватило Эйнштейна в детстве, когда отец показал ему магнитную стрелку компаса. Такого рода события из сферы эмоциональной или интеллектуальной жизни могут по праву быть включены в научную автобиографию, в отличие, скажем, от упоминания об объяснении в любви или выражении скорби по умершим близким. Это — частная жизнь, а после долгих лет пребывания на виду у всех Эйнштейн оберегал эту сторону своей жизни от внимания публики. Но даже при всем этом можно было ожидать хотя бы упоминания имени отца, подарившего Эйнштейну компас. Однако в научной автобиографии присутствуют имена только ученых и философов. Ничего не говорится о переездах из города в город, занимаемых должностях. Лишь однажды вскользь упоминается, что он еврей. Ни слова о воздействии на него политических событий, происходивших в мире, ни слова о его собственном влиянии на мир. С первых же строк автор этого «некролога» погружается в обсуждение самых глубоких и серьезных научных и философских проблем и продолжает почти до конца в таком же духе. Прекрасно осознавая этот недостаток с точки зрения традиционной автобиографии, Эйнштейн внезапно прерывает свои научные рассуждения следующим отступлением:

«И это некролог? — может спросить удивленный читатель. По сути дела — да, хотелось бы мне ответить. Потому что главное в жизни человека моего склада заключается в том, *что* он думает и *как* он думает, а не в том, что он делает или испытывает. Значит, в некрологе можно в основном ограничиться сообщением о тех мыслях, которые играли значительную роль в моих стремлениях».

Сделав такое отступление, Эйнштейн даже не останавливается, чтобы облегченно вздохнуть (что можно было бы передать на бумаге хотя бы новым абзацем), и продолжает, теперь уже со спокойной совестью, обсуждать природу физических теорий.

И все же его «Автобиографические наброски», изобилующие математическими формулами и изощренным теоретизированием, бесконечно привлекательны для специалиста. Да и для неспециалиста тоже, если, конечно, последний готов, расставшись с благоразумием, устремиться вслед за автором к вершинам науки. Даже то, о чем Эйнштейн «забывает» упомянуть в своей автобиографии, помогает нам понять, каким он был. Он не ощущал потребности отметить, что такая-то мысль или такая-то идея пришла ему в голову в Берне, Цюрихе, Берлине или

Принстоне. И хотя его «Наброски» являются автобиографическими, они лишены «географических» привязок. Они поистине «бездомны». Куда бы Эйнштейн ни уезжал, его мысли повсюду следовали за ним; так какая же разница, куда именно он направлялся. И тем не менее «Наброски» не совсем «бездомны». В них повествуется о единственном в своем роде интеллектуальном событии, которое произошло в выстроенной разумом башне из слоновой кости, — событии, которое потрясло весь мир.

24 июня 1881 г., когда Эйнштейну было 2 года и 3 месяца, его бабушка по материнской линии — Йетта Кох — писала родственникам: «Маленький Альберт такой чудный, и я заранее огорчаюсь, когда думаю о том, что столько времени не увижу его». Неделю спустя она пишет: «У нас чудесные воспоминания о маленьком Альберте. Он такой прелестный, что мы все время говорим о его забавных идеях».

Свидетельства дедушек и бабушек о своих внуках всегда пристрастны. Интересно не то, что маленький Альберт поразил свою бабушку. Интересно другое — ведь это самые ранние дошедшие до нас впечатления о нем как о личности. Остается только гадать, какие именно «забавные идеи» были у этого двухлетнего ребенка, которому суждено было превзойти самые смелые мечты самой любящей бабушки. А может быть, эти идеи были чем-то большим, чем просто «забавой»? Не было ли в них намека на то, что должно было произойти? Или, может статься, наоборот, его дедушки и бабушки с отчаянием полагали (как, впрочем, казалось одно время и его родителям), что любимый Альберт — тупица? У них были для этого все основания. А сама мысль об этом должна была быть мучительной. В 1954 г. в одном из своих писем Эйнштейн вспоминал: «Мои родители были обеспокоены тем, что я начал говорить сравнительно поздно, они даже консультировались по этому поводу с врачом. Не могу точно сказать, сколько лет мне было в ту пору, но не меньше трех».

Действительно, поздновато для того, чтобы начать говорить. Едва ли те идеи, которые его дедушки и бабушки восприняли как забавные, были выражены в словах. В своем письме Эйнштейн продолжает: «Я так и не стал оратором. Однако мое последующее развитие проходило вполне нормально, за исключением одной особенности — я обычно шепотом повторял свои собственные слова». Даже если это так, то, с учетом того, что маленькому Альберту предстояло стать не кем другим, как Эйнштейном, такое начало едва ли можно считать благоприятным.

2. МАЛЬЧИК И ЮНОША

Дома в Ульме, где родился Эйнштейн, уже не существует. Вторая мировая война превратила его в руины. Одна из улиц города была названа именем Эйнштейна, но нацисты не могли смириться с тем, что такая честь оказана еврею, да к тому же великому еврею, вся жизнь которого стала символом того, что они так жаждали уничтожить. В первый же день своего вступления в должность новый бургомистр-наци поторопился переименовать Эйнштейнштрассе в Фихтештрассе в честь немецкого философа и оратора-националиста XVIII в. Улице вернули ее первоначальное название лишь после разгрома нацистов.

В письмах, относящихся к 1946 г., Эйнштейн писал:

«В то время мне уже была известна дурацкая история с названиями улицы, и она меня немало позабавила. Не знаю, изменилось ли что-либо с тех пор, и еще меньше я знаю о том, когда улицу переименуют в очередной раз; что мне действительно известно — это как удовлетворить мое любопытство… Думаю, что нейтральное название вроде „Флюгерштрассе“ было бы более подходящим с точки зрения политической сообразительности немцев, и к тому же на длительное время отпала бы нужда в дальнейших крещениях».

Фактически Эйнштейн прожил в Ульме недолго. Через год после его рождения семья переехала в большой город, где отец Эйнштейна, Герман, и его брат Якоб стали совладельцами небольшой электротехнической фабрики. По иронии судьбы, этим городом был Мюнхен, ставший впоследствии колыбелью нацизма. В образе жизни семьи Эйнштейнов мало что сохранилось от еврейских предков.

Альберта и его сестру Майю, которая была младше его на два с половиной года, отправили в близлежащую католическую школу, где они изучали традиции и догматы католической веры. Не было оставлено без внимания и их просвещение в области иудаизма.

Вероятно, в столь сжатом биографическом исследовании не стоит долго останавливаться на религиозном развитии того, кому суждена была слава великого ученого. Но мотивы научной деятельности Эйнштейна имели религиозную основу, хотя и не в формальном, ритуалистическом, смысле. Мы уже упоминали в своем рассказе о магнитной стрелке компаса, указывавшей путь очарованному малышу. И в зрелом возрасте Эйнштейн не потерял эту способность по-детски благоговеть и удивляться. «Самое

непостижимое в мире то, что он постижим», — говорил Эйнштейн. Обсуждая научную теорию, свою собственную или выдвинутую другим ученым, он задавал себе вопрос: стал бы он создавать Вселенную по такому образцу, будь он богом? Такой критерий может на первый взгляд показаться гораздо более близким к мистицизму, чем к тому, что обычно понимают под наукой, но тем не менее он свидетельствует о вере Эйнштейна в предельную простоту и красоту Вселенной. Только человек с глубоким религиозным и художественным убеждением в том, что красота — рядом с нами и ждет, чтобы ее открыли, мог создать теории, наиболее поразительной чертой которых, превосходящей даже их эффективность и заслуженную популярность, была их красота.

Родители Альберта, Герман и Паулина Эйнштейн, были во всех отношениях благополучной парой. Отец вел дела на фабрике, мать занималась хозяйством. Добродушный нрав Германа Эйнштейна, его свободные взгляды, оптимизм хорошо сочетались со спокойным, уравновешенным характером и артистическими наклонностями его жены. Закончив домашние дела, Паулина с удовольствием садилась за фортепиано. В Мюнхене их ближайшими соседями была семья Якоба Эйнштейна. Обе семьи жили недалеко от фабрики, в двух домиках с общим садом. Альберт в те дни проводил много времени с дядей Якобом, вкладом которого в семейный бизнес были его инженерные познания.

Маленький Альберт был по натуре нелюдимым. Когда дети родственников приходили поиграть в саду, он почти не принимал участия в их шумных забавах. Много лет спустя его сестра Майя вспоминала, что Альберт предпочитал игры, требующие терпения и настойчивости: собирал сложные конструкции из кубиков, а его карточные домики вырастали до четырнадцати этажей. Еще ребенком Альберт испытывал инстинктивное отвращение к насилию. Шум военных парадов приводил его в содрогание. Если другие мальчики с нетерпением ждали, когда и они наконец наденут военную форму, то ему была ненавистна сама мысль об оболванивающей маршировке под монотонную дробь барабана.

В 1886 г., когда Альберту было семь лет, Паулина Эйнштейн делилась со своей матерью: «Вчера Альберт принес свои школьные оценки. Он опять первый в классе и получил прекрасную характеристику». Через год его дед по материнской линии писал: «Вот уже неделя, как дорогой Альберт вернулся в школу. Я так люблю малыша — вы не представляете себе, каким хорошим и умным мальчиком он стал».

Из этих маленьких отрывков можно заключить, что Альберт

быстро преодолел трудности замедленного развития и стал блестящим учеником, что ему было хорошо в школе, его любили и родные, и преподаватели. Но позднее Эйнштейн вспоминал о своих школьных годах с горечью. Особенно не нравились ему грубая муштра и механическая зубрежка, которым в те времена отдавалось предпочтение как методам воспитания и обучения. Это отвращение усилилось, когда в десятилетнем возрасте Альберт перешел из начальной школы в гимназию Луитпольда. В 1955 г., отвечая на одно из писем, Эйнштейн вспоминал: «Учеником я был ни слишком хорошим, ни плохим. Моим самым слабым местом была плохая память, особенно на слова и тексты». И действительно, преподаватель греческого как-то сказал ему: «Из вас никогда ничего путного не выйдет». Подобное высказывание вряд ли характеризует Альберта как прекрасного ученика. Но далее Эйнштейн продолжает: «Только по физике и математике я шел благодаря самостоятельным занятиям далеко впереди школьной программы, да еще по философии — в той мере, в какой она входила в программу».

Таким образом, вырисовывается более ясная картина развития маленького Альберта. Ключом к пониманию этого развития являются слова «самостоятельные занятия», которые были решающим образом связаны с его необычайной любознательностью и способностью удивляться. Дальнейший свет на этот процесс проливает его игра на скрипке. Вот что Эйнштейн писал об этом: «Я брал уроки игры на скрипке с 6 до 14 лет, но мне не везло с учителями, для которых занятия музыкой ограничивались механическими упражнениями. По-настоящему я начал заниматься лишь в возрасте около 13 лет, главным образом после того, как „влюбился“ в сонаты Моцарта. Пытаясь хоть в какой-то мере передать их художественное содержание и неповторимое изящество, я почувствовал необходимость совершенствовать технику — именно так, а не путем систематических упражнений я добился в этом успеха. Вообще я уверен, что любовь — лучший учитель, чем чувство долга, — во всяком случае, в отношении меня это справедливо».

Немалое значение для маленького Альберта, безусловно, имело поощрение его занятий со стороны дяди Якоба. По-видимому, еще до того, как Альберт начал изучать геометрию, дядя Якоб познакомил его с теоремой Пифагора: квадрат гипотенузы прямоугольного треугольника равен сумме квадратов катетов, иначе говоря, если в треугольнике ABC угол C — прямой, то $AB^2 = AC^2 + BC^2$. Альберт был очарован. После напряженных раздумий ему удалось найти доказательство теоремы, что в тех обстоятельствах было необыкновенным достижением,

доставившим большое удовольствие и дяде, и племяннику. Как ни странно, это удовлетворение оказалось незначительным по сравнению с восторгом, который был позже вызван маленьким учебником Евклидовой геометрии, поглотившим все внимание Альберта. Ему в то время было двенадцать лет, и этот учебник произвел на него столь же сильное впечатление, как семь лет назад — магнитный компас. В своих «Автобиографических набросках» Эйнштейн с восхищением вспоминал о «священной книжечке по геометрии»: «Там были утверждения, например, о пересечении трех высот треугольника в одной точке, которые хотя и не были сами по себе очевидны, но могли быть доказаны с уверенностью, исключавшей как будто всякие сомнения. Эта ясность и уверенность произвели на меня неописуемое впечатление».

Тому, кто питает инстинктивное отвращение к математике, подобная страсть к геометрии должна показаться неправдоподобной — чем-то вроде любви герпетолога к змеям. Поскольку Эйнштейн избрал достаточно простой, но честный способ, описав свое впечатление как «неописуемое», обратимся к Бертрану Расселу, которому довелось испытать чувства, поразительно близкие к детскому впечатлению Эйнштейна, причем почти в том же возрасте: «В 11 лет я взялся за геометрию Евклида. Это было одним из самых важных событий в моей жизни, таким же ослепительно ярким, как первая любовь. Я и не представлял себе, что в мире могло существовать нечто столь восхитительное». Не забудем и поэтические строки Эдны Сен-Винсент Миллей: «Один Евклид узрел нагую Красоту».

Ребенком Альберт читал популярные научные издания, по его собственным словам, «затаив дыхание». Книги эти попали к нему не случайно, Их дал Альберту Макс Талмей, студент-медик, который одно время каждую неделю бывал в доме Эйнштейнов. Талмей оказался проницательным человеком и проводил в спорах с маленьким Альбертом долгие часы, направляя его мысль и стараясь расширить границы его интеллекта. Студент появился в жизни Эйнштейна вовремя: Альберт находился как раз в том критическом возрасте, когда происходит формирование личности. Когда он начал самостоятельно изучать высшую математику, Талмей, дабы сохранить превосходство в глазах своего маленького собеседника, перевел тему их дискуссий на философию, где он еще мог одерживать верх. Вспоминая об этих днях, Талмей писал: «Я посоветовал ему прочесть Канта. В то время он был еще ребенком — ему было всего тринадцать, — и все же труды Канта, непостижимые для многих простых смертных, казались ему понятными».

Одним из поразительных результатов воздействия научных книг на впечатлительного Альберта был его внезапный отход от веры в бога. Он не мог не понять, что научная картина мира противоречит библейской. Прежде он находил утешение в определенности, которую, как его учили, вносила в мир религия. Теперь же он чувствовал, что должен хотя бы частично от нее отказаться, но это не могло произойти без напряженной душевной борьбы. На какое-то время Альберт превратился не просто в атеиста, но в фанатичного скептика, с глубоким недоверием относящегося ко всякого рода авторитетам. Лет через сорок это послужило ему поводом сказать с невеселым юмором: «Дабы наказать меня за мое презрение к авторитетам, судьба превратила меня самого в авторитет».

Подобное отношение к авторитетам, сохранившееся на протяжении всей жизни, сыграло решающую роль в жизни Эйнштейна: без него невозможна была бы та могучая независимость мышления, которая дала ему мужество бросить вызов укоренившимся научным воззрениям и тем самым осуществить переворот в физике.

Как бы то ни было, на какое-то время утратив в мальчишеском возрасте веру, он нуждался в иной опоре — прочном фундаменте, на котором можно было бы строить и свою духовную жизнь, и картину Вселенной. Именно на этой стадии развития ему попалась «книжечка по геометрии», и, что безусловно немаловажно, через полвека Эйнштейн назвал ее «священной».

После нескольких лет процветания для фабрики Германа и Якоба Эйнштейнов в Мюнхене наступили трудные времена. В 1894 г., оставив фабрику, обе семьи переехали в Италию, чтобы попытать счастья в Павии, близ Милана. Было решено, что Альберт останется в пансионе до окончания учебного года в гимназии.

Итак, в пятнадцать лет Альберт неожиданно остался один. Занятия в гимназии не спасали от одиночества. Не зря школьные товарищи еще раньше дали ему, возможно в насмешку, прозвище Biedermeier, что означает нечто вроде Простака. Будучи от природы бесхитростным, он не умел достаточно хорошо скрывать свою неприязнь к преподавателям гимназии и их драконовским методам. Естественно, это не прибавляло ему симпатии в глазах учителей. Не снискал он у них расположения и тем, что задавал вопросы, на которые они затруднялись ответить. В одном из писем, относящихся к 1940 г., Эйнштейн следующим образом описал сложившуюся в то время ситуацию: «Когда я был в седьмом классе гимназии Луитпольда [т. е. лет 15-ти], меня

вызвал классный наставник и выразил желание, чтобы я оставил гимназию. На мое возражение, что я ни в чем не провинился, он ответил лишь: „Одного вашего присутствия достаточно, чтобы подорвать уважение класса ко мне“[11].

Сам я, без сомнения, хотел оставить школу и последовать за своими родителями в Италию. Но главное — мне ненавистны были скучные, доведенные до автоматизма методы обучения. Имея плохую память на слова, я сталкивался с большими трудностями, преодоление которых казалось мне бессмысленным, и я предпочитал, таким образом, терпеть всевозможные наказания, чем забивать себе голову зубрежкой».

Несмотря на взаимное стремление к разрыву, правила и благоразумие требовали, чтобы Альберт дотянул до выпускных экзаменов и получил аттестат зрелости. Однако есть нечто более непреодолимое, чем правила и благоразумие. Италия манила его. В своих письмах родные Альберта описывали ее в розовых тонах. В пятнадцать лет, испытывая одиночество и неприязнь окружающих, Альберт решил оставить гимназию. Этот отчаянный шаг дает ясное представление о том, насколько он был несчастен в Мюнхене. И это не единственное тому свидетельство. Еще перед отъездом родителей Альберт решил изменить гражданство. Но осуществить этот шаг он в то время не мог: закон запрещал перемену гражданства до наступления совершеннолетия. Тем не менее решение это было твердым, а причины, вызвавшие его, глубокими. Эйнштейн писал в 1933 г.: «Чрезмерная тяга к военной муштре в Германии была чужда мне с детства. Когда мой отец перебрался и Италию, он по моей просьбе предпринял шаги, чтобы освободить меня от немецкого гражданства, так как я хотел стать гражданином Швейцарии».

Уход из гимназии был связан с определенным риском, и Альберт принял все, какие только мог, меры предосторожности. Через врача, пользовавшего семью Эйнштейнов, ему удалось получить медицинское свидетельство о том, что по болезни ему рекомендуется переезд к семье в Италию для отдыха и восстановления сил. Это послужило благовидным предлогом. От своего преподавателя математики Альберт получил письменное подтверждение, что его знания и возможности в области математики уже достигли университетского уровня.

Вооружившись этими документами, Альберт отбросил дальнейшую осторожность. Будущее само о себе позаботится. В конце концов, он может подготовиться к поступлению в университет самостоятельно. Полученное медицинское свидетельство хотя и тревожило совесть, но избавляло от титула «прогульщика». Тем не менее Альберт попросту оказался в

положении исключенного из гимназии. Оставив позади унылое существование в Мюнхене, он присоединился к своей семье в Милане, и за этим последовал один из наиболее счастливых периодов его жизни. Он не захотел омрачить своей вновь обретенной свободы ни школьными обязанностями, ни хлопотами о будущем. Что бы ни случилось дальше, сейчас им владела жажда к знаниям и путешествиям, и, оставив все заботы, он упивался свободой и занимался только своими любимыми предметами. Со своим другом Отто Нойштеттером он совершил сказочное путешествие через Апеннины до Женевы, где жили его родственники. Музеи, шедевры искусства, архитектура старинных соборов, концерты, книги и еще раз книги, семья, друзья, жаркое солнце Италии, свободные, сердечные люди — все это слилось в бурное приключение, несущее спасение и самопознание.

Но эта идиллия не могла длиться вечно. Жизненные проблемы, слишком долго отодвигаемые на задний план, настоятельно требовали разрешения. Дела на фабрике шли все хуже, и Герман Эйнштейн вынужден был призвать своего сына задуматься о будущем.

В Цюрихе, в германоязычной части Швейцарии, находилось знаменитое Федеральное высшее техническое училище, известное под названием «Политехникум», или «Поли». Здесь в 1895 г., после восхитительного, беззаботного и быстротечного года свободы от школы, Альберт Эйнштейн сдавал вступительные экзамены на инженерный факультет.

Его постигла неудача.

Это был болезненный удар, хотя и не совсем неожиданный. Помимо всего прочего, Альберту к тому времени исполнилось всего шестнадцать с половиной лет, а официально к приему в Политехникум допускались лишь лица, достигшие восемнадцатилетнего возраста. К счастью, эта неудача не была катастрофической. К тому же его знания языков и ботаники — предметам, требующим заучивания, — оказались недостаточными. Что же касалось математики и физики, то тут факты говорили сами за себя. Профессор Генрих Вебер совершил весьма необычный для него поступок, сделав все возможное, чтобы Альберту передали: если он собирается остаться в Цюрихе, то может посещать лекции Вебера по физике. Предложение профессора приободрило Альберта, хотя и не решало его проблем.

Но это не все. Альбин Герцог, ректор Цюрихского политехникума, посоветовал Альберту не отчаиваться и для получения аттестата зрелости поступить в Швейцарскую кантональную школу Аргау в городе Аарау, отличавшуюся

прогрессивными методами обучения.

К удивлению и радости Альберта, атмосфера в Аарау сильно отличалась от казенного духа мюнхенской гимназии. В кантональной школе царил освежающий ветер свободы.

Эйнштейну посчастливилось поселиться в доме одного из преподавателей, Йоста Винтелера, где его принимали буквально как родного сына. Его отношениям с семейством Винтелер суждено было в дальнейшем стать еще более близкими: через некоторое время один из сыновей Винтелера женился на сестре Альберта, Майе, а одна из дочерей стала женой Микельанджело Бессо, о котором мы расскажем позднее.

Эйнштейн с любовью вспоминал «папашу Винтелера».

В шестнадцать лет Альберт самостоятельно освоил дифференциальное исчисление. Уже в те годы его отличала необычайно глубокая научная интуиция. Об этом свидетельствует отрывок из поздравления, которое было послано Эйнштейну в его пятидесятилетний юбилей Отто Нойштеттером, его спутником в путешествиях по Италии в тот незабываемый беззаботный год. Нойштеттер вспоминает о случае, который произошел, когда Альберту было всего пятнадцать лет: «Как-то раз твой дядя… рассказал мне, что столкнулся с большими трудностями, производя вычисления при конструировании какого-то прибора. Через несколько дней… он обратился ко мне: „Знаешь, у меня необыкновенный племянник! После того как я с помощником-инженером несколько дней ломал голову над этой задачей, этот юнец расправился с ней за пятнадцать минут. Ты еще услышишь о нем“».

Подобные истории с вундеркиндами впечатляют, но они не так уж редки. Одаренные дети часто без особых усилий решают технические задачи, которые ставят в тупик взрослых. Можно привести более замечательный пример. В шестнадцать лет, еще во время учебы в Аарау, Альберт задумался над тем, что случилось бы, если бы мы могли следовать за световой волной со скоростью света.

По сравнению с первым, этот пример представляется не совсем уместным. Казалось бы, это не достижение, а всего лишь оставшийся без ответа вопрос. Но, впервые задав себе этот вопрос в шестнадцать лет, Эйнштейн долгие годы не переставал размышлять над ним. Здесь поразительным образом проявилась способность Эйнштейна проникать в суть проблемы. Ведь в этом вопросе содержался зародыш теории относительности, и в то время никто в мире не мог бы дать на него удовлетворительного ответа. Эйнштейн сам нашел этот ответ, и на это понадобилось десять лет.

Между тем после неожиданно приятного года в Аарау Альберт получил аттестат зрелости. Возрастное ограничение при приеме его уже не касалось, и теперь он имел право на поступление в Цюрихский политехникум. Осенью 1896 г. он был принят, хотя уже не собирался становиться инженером. Имея перед собой блестящий пример Йоста Винтелера, Эйнштейн считал теперь более приемлемым способом зарабатывать на жизнь преподавание. Он записался на педагогический факультет, где готовили преподавателей математики и естественных наук. Его родственники в Женеве взяли на себя расходы, связанные с учебой, определив Альберту ежемесячное содержание в сто франков. Наконец его карьере, казалось бы, было положено хорошее начало.

Но, однажды испытав свободу, трудно ее забыть. И юноша, которого когда-то в школе прозвали Biedermeier, оказался не слишком дисциплинированным студентом. В Цюрихском политехникуме Альберту было нелегко заставить себя заниматься тем, что его не интересовало. Большую часть времени он использовал для самостоятельных занятий, с восторгом уходя в удивительный мир науки, ставил эксперименты и изучал первоисточники — труды великих пионеров естествознания и философии. Некоторые из этих трудов он читал вместе со своей однокурсницей сербского происхождения, Милевой Марич, на которой впоследствии женился.

Что же касается лекций, то они казались ему посягательством на его свободу. Он посещал их нерегулярно, как правило, без особого энтузиазма. К тому времени он уже понял, что истинную область его интересов составляет не математика, а физика, и все-таки даже лекции по физике не привлекали его. К несчастью, за четырехлетний курс нужно было сдать два основных экзамена. Это вновь сулило неприятности, и вновь Альберту едва удалось их избежать. Один из его однокурсников, Марсель Гроссман, блестящий математик, скоро оценил необычайную одаренность Эйнштейна. Они подружились. Гроссман аккуратно посещал лекции и столь же аккуратно вел записи. Его конспекты могли бы послужить образцом четкого и подробного изложения материала. Он с радостью давал эти конспекты своему другу, и весьма возможно, что без них Эйнштейн не сдал бы экзамены. В 1900 г. Политехникум был окончен.

Конспекты Гроссмана дали Эйнштейну свободу в выборе занятий. Среди областей, которые он изучал, была так называемая максвелловская теории электромагнетизма. Эта важная тема, к разочарованию Альберта, не входила в лекции Генриха Вебера. (Запомните это имя — Максвелл. Мы еще не раз

вернемся к нему.)

В Цюрихе Эйнштейн жил весьма скромно. Дело не в том, что суммы, которую он получал из дома, было недостаточно. С самого начала пятую часть этой суммы он откладывал, чтобы накопить денег для уплаты взноса за вступление в швейцарское гражданство. С помощью своего отца в октябре 1899 г. Альберт подал прошение о принятии его в это гражданство, и после тяжеловесного раскручивания бюрократической машины Эйнштейн в феврале 1901 г. получил права гражданина города Цюриха и, соответственно, кантона Цюрих и собственно Швейцарии. Он сохранял свое швейцарское гражданство в течение всей жизни, несмотря ни на какие превратности судьбы.

Четыре года учебы в Политехникуме в целом были не слишком приятными. Вот что писал Эйнштейн в «Автобиографических набросках»: «Для экзамена нужно было напихивать в себя хочешь не хочешь всю эту премудрость. Такое принуждение настолько меня запугивало, что целый год после сдачи последнего экзамена всякое размышление о научных проблемах было для меня отравлено».

После окончания Политехникума для Эйнштейна наступили тяжелые времена. Его преследовали неудачи. Любимая наука потеряла свою привлекательность. Присущая ему прямота и пренебрежительное отношение к авторитетам обострили отношения с преподавателями. Среди них был и Генрих Вебер, очевидно испытывавший к Эйнштейну особую антипатию. Это был тот самый Генрих Вебер, который за пять лет до этого так великодушно постарался поддержать Альберта после неудачной попытки поступить в училище. С тех пор их отношения сильно испортились. Как-то раз Вебер даже сказал Эйнштейну с, возможно, вполне оправданным раздражением: «Вы умный малый, Эйнштейн, но в вас есть большой недостаток — вы не терпите замечаний. Вы не терпите замечаний».

После окончания курса Эйнштейн перестал получать пособие от родных и был вынужден начать отчаянные поиски работы. Ему исполнился двадцать один год. Он пытался добиться должности в университете, но ему было отказано. В 1901 г. он писал: «Насколько мне известно, я не пользуюсь расположением кого-либо из моих прежних преподавателей», и далее: «Я бы давно уже получил [место ассистента в университете], если бы Вебер не плел против меня интриг».

Эйнштейну удавалось кое-как сводить концы с концами, перебиваясь случайными заработками — он выполнял расчеты, преподавал в школе, давал частные уроки. Но и здесь, случалось, возникали трудности из-за его независимого характера и

равнодушия к жизненным благам.

Тем временем в нем постепенно вновь пробудилась страсть к научной работе, и, зарабатывая на жизнь репетиторством в Цюрихе, он написал статью по проблеме капиллярности, которая была опубликована в 1901 г. в авторитетном научном журнале «Annalen der Physik». Позднее Эйнштейн не придавал значения этой работе, считая ее «не имеющей никакой ценности», но к тому времени его критерии сильно изменились. Тогда же, в 1901 г., молодой Эйнштейн связывал с этой статьей немалые надежды. В те времена в Германии профессор считался человеком с очень высоким положением, почти недосягаемой для простых смертных личностью. Прекрасно сознавая престижность своего звания и свою власть, многие профессора обнаруживали склонность к автократии. Эйнштейну понадобилось все мужество отчаявшегося, никому не известного одиночки, ведущего борьбу за существование, чтобы написать прославленному физико-химику, профессору Лейпцигского университета Вильгельму Оствальду, ставшему впоследствии лауреатом Нобелевской премии, следующее:

«Поскольку Ваша книга по общей химии вдохновила меня к написанию статьи [по проблеме капиллярности], я взял на себя смелость послать Вам один экземпляр. По этому случаю я осмеливаюсь также спросить, не найдется ли у Вас применения специалисту по математической физике, знакомому с абсолютными измерениями. Я отваживаюсь обратиться к Вам с подобной просьбой лишь потому, что нахожусь без средств, а такое место могло бы дать мне возможность продолжить свое образование».

Письмо было отправлено 19 марта 1901 г. Шли дни, а ответа все не было. Надежды Эйнштейна таяли одна за другой. 3 апреля вслед за этим письмом он отправил почтовую открытку, где подчеркивал, сколь важным будет для него решение профессора, а также — вероятно, в качестве предлога для повторного обращения к Оствальду — уточнял, не забыл ли он указать в предыдущем письме свой миланский адрес, что, впрочем, было излишне.

Ответ тем не менее так и не пришел. 17 апреля Эйнштейн предпринял еще одну попытку, написав короткое письмо профессору Хейке Камерлинг-Оннесу в Лейден, Нидерланды, снова приложив копию своей статьи по проблеме капиллярности, которая в те дни была его главным реальным достижением. Но и из этого также ничего не вышло. Между тем без ведома Альберта в его жизни произошло прекрасное событие. В этом событии проявилась вся отцовская любовь Германа Эйнштейна. В нем

отразились и все ожидания и разочарования Альберта Эйнштейна в этот трудный период его молодости.

13 апреля 1901 г., уже будучи тяжело больным, Герман Эйнштейн, неудавшийся коммерсант, полностью чуждый академической среде, отважился написать профессору Оствальду следующее письмо:

«Прошу Вас простить отца, который осмелился обратиться к Вам, дорогой профессор, в надежде помочь своему сыну.

Я хотел бы прежде всего сообщить, что моему сыну, Альберту Эйнштейну, 22 года, что он четыре года проучился в Цюрихском политехникуме и прошлым летом блестяще сдал дипломные экзамены по математике и физике. С этого времени он безуспешно пытается найти место ассистента, что позволило бы ему продолжить свое образование в области теоретической и экспериментальной физики. Люди, мнению которых можно доверять, превозносят его талант, я же в любом случае могу заверить Вас, что он необычайно усерден и трудолюбив и чрезвычайно предан своей науке.

Моего сына очень огорчает отсутствие работы, и с каждым днем им все больше овладевает идея, что он неудачник и не сумеет больше вернуться к научной работе. Кроме того, его угнетает мысль, что он живет за наш счет — ведь мы не очень обеспеченные люди.

В связи с тем, дорогой профессор, что из всех великих физиков нашего времени именно Вас мой сын более всего уважает и почитает, я позволил себе обратиться к Вам с просьбой прочесть статью Альберта, опубликованную в „Annalen der Physik“, в надежде, что Вы напишете ему несколько ободряющих строк, которые помогут ему снова обрести радость в жизни и в работе. Кроме того, я был бы бесконечно благодарен Вам, если бы Вы могли предложить ему место ассистента сейчас или будущей осенью.

Еще раз прошу простить меня за смелость, которую я взял на себя, написав Вам это письмо. Хочу лишь добавить, что моему сыну ничего не известно об этом моем отчаянном поступке».

Написал ли в результате Оствальд какой-либо ответ Эйнштейну, осталось неизвестным. Известно только, что должность ассистента Альберт не получил и что таким образом в его душе были посеяны семена горькой иронии.

В те черные дни 1901 г. Эйнштейн все-таки находил утешение и спасение в музыке. И что еще важнее, будоражащие ум научные идеи и размышления вновь нахлынули на него. Но даже когда разум его возносился высоко над всем земным, он не переставал ощущать, сколь беспомощно барахтается в трясине

окружающего мира, где для него нет места. Однако спасение было уже близко. Оно пришло как раз вовремя, и снова от его друга Марселя Гроссмана, чьи добросовестные конспекты оказали ему неоценимую помощь в Политехникуме. Гроссман не мог предложить Эйнштейну место ассистента, поскольку сам еще только являлся таковым.

Но в начале 1901 г. он серьезно поговорил со своим отцом, рассказав ему о трудностях, с которыми столкнулся его друг. После этого отец Гроссмана настоятельно рекомендовал Эйнштейна своему другу Фридриху Галлеру, директору Швейцарского Бюро патентов в Берне.

Галлер вызвал Эйнштейна для беседы, в ходе которой быстро обнаружил у Альберта недостаток необходимой технической подготовки. Но в результате этого двухчасового экзамена Галлер проникся убеждением, что в молодом человеке есть нечто более важное, чем знание технических деталей. Есть веские основания полагать, что именно на редкость глубокое знание Эйнштейном максвелловской теории электромагнетизма в конечном счете склонило Галлера к решению предложить Альберту временную работу в Бюро патентов. Поскольку в тот момент свободной вакансии не было, к тому же об открытии вакансии надлежало извещать в газетах, Альберт не мог сразу же приступить к работе.

Ожидая места в Берне, он кое-как перебивался преподаванием и частными уроками. С мая по июль 1901 г., временно заменяя преподавателя математики в технической школе города Винтертура, Эйнштейн завершил работу над научной статьей по термодинамике. В ноябре он представил ее в Цюрихский университет в качестве диссертации на соискание степени доктора философии. Статья была в конце концов принята для публикации в «Annalen der Physik», но это произошло уже после того, как профессор Клейнер отклонил ее в качестве диссертации.

Результаты попытки получить ученую степень еще не были ясны, когда 11 декабря 1901 г. в федеральной газете появилось объявление об открытии вакансии в Бюро патентов. Эйнштейн немедленно подал заявление о зачислении на должность эксперта 2-го класса.

В феврале 1902 г. он переехал в Берн, зарабатывая на жизнь частными уроками. 14 марта ему исполнилось двадцать три, а через неделю, по официальному календарю, на смену зиме пришла весна. По-прежнему единственным источником его доходов было репетиторство.

Наступил апрель, за ним май и июнь. Долгому ожиданию пришел конец. 23 июня 1902 г., почти одновременно с приходом

лета, Эйнштейн приступил к исполнению обязанностей технического эксперта-стажера 3-го класса в Швейцарском Бюро патентов со скромным окладом в 3500 франков в год.

Наконец у него было постоянное место работы, с которой он быстро освоился. Эйнштейн был рад своей независимости от чуждого ему академического мира, не раз причинявшего ему страдания. Благодаря своему другу Гроссману, он обрел надежную гавань, где все свободное время мог отдаваться исследовательской работе, со все большим упоением погружаясь в идеи, одна за другой вызревавшие в его мозгу. В этой своеобразной теплице его гений обретал зрелость.

В последний год своей жизни он писал, что рекомендация директору Бюро патентов Галлеру была «величайшей услугой, дружески оказанной мне Марселем Гроссманом». Это не значит, что Гроссман исчезнет из нашего дальнейшего повествования. Напротив, судьбы этих двух людей переплелись, их взаимное доверие с годами становилось все сильнее, и, как мы убедимся, Гроссману было суждено в дальнейшем еще многое сделать для Эйнштейна.

Когда в 1936 г. после продолжительной, сделавшей его калекой болезни Гроссман скончался от рассеянного склероза, Эйнштейн отправил его вдове прочувствованное письмо, где выражал свое соболезнование. Пытаясь передать, как много значил для него Марсель Гроссман, он писал:

«… Мне вспоминаются наши студенческие годы [в Политехникуме]. Он — образцовый студент; я — пример небрежности и рассеянности. Он — в прекрасных отношениях с преподавателями, схватывает все на лету; я — всем недовольный и не пользующийся успехом нелюдим. Но мы были хорошими друзьями, и наши беседы за чашкой кофе-гляссе, когда мы по нескольку раз в месяц встречались в Метрополе, принадлежат к самым приятным моим воспоминаниям. Потом конец учебы… я внезапно оказался всеми покинут, и столкновение с жизнью привело меня в полную растерянность. Но он был рядом со мной, и благодаря ему и его отцу через несколько лет я попал в Бюро патентов к Галлеру. В каком-то смысле это спасло мне жизнь; я бы не умер, конечно, но зачах бы духовно».

3. ПРЕЛЮДИЯ

Итак, Эйнштейн благополучно устроился в Бюро патентов. Теперь, казалось бы, бессмысленно вновь обращаться к периоду ожидания в Берне — к чему задерживаться в прошлом, когда будущее сулит так много интересного.

И все-таки этот промежуточный бернский период репетиторства не был унылым и лишенным событий, как это может показаться на первый взгляд. Однажды — это было в 1902 г. на пасху, через неделю после наступления весны — Морис Соловин, румын по происхождению, изучавший философию в Бернском университете, увидел в одной из местных газет объявление о том, что некто Альберт Эйнштейн предлагает давать за три франка в час уроки физики. Соловин отличался широким кругом интересов. Отправившись по указанному адресу, он объяснил Эйнштейну, что его не удовлетворяет философия с ее расплывчатостью и туманностью, и потому он хотел бы основательнее изучить более точные предметы, например физику. Это нашло ответ в сердце Эйнштейна, и за знакомством последовала горячая дискуссия. Часа через два, когда Соловин собрался уходить, Эйнштейн отправился провожать его, дабы продлить беседу еще на полчаса уже на улице. На следующий день они встретились, с тем чтобы провести первый урок, но вместо этого продолжился начатый накануне спор. На третий день Эйнштейн заявил, что дискутировать с Соловиным гораздо интереснее, чем давать ему уроки физики, в которых не было особой нужды. После этого встречи с Соловиным стали регулярными. Скоро к ним присоединился друг Эйнштейна математик Конрад Габихт, и они втроем образовали маленькое общество, с любовью названное ими «Академия Олимпия». Подобно тому как другие собирались для игры в карты, Эйнштейн и его друзья встречались, чтобы поговорить о философии и физике, а иногда и о литературе или каком-либо другом предмете, занимавшем их воображение. Споры были горячими, зачастую бурными. Вдохновителем дискуссий был Эйнштейн. Собирались, как правило, у него на квартире и начинали со скромного ужина, после чего оживленные споры затягивались, к неудовольствию соседей, далеко за полночь. Друзья вместе читали и разбирали основные труды по философии и естествознанию, которые оказали сильное влияние на развитие идей Эйнштейна. По мере формирования этих идей, Эйнштейн выносил их на суд своих друзей. По сути, он по-прежнему оставался одиночкой, но здесь он был в своей стихии. Члены

«Академии Олимпия» относились к ней вполне серьезно, они получали от нее удовольствие, и это было важнее всего.

Габихт в конце концов стал учителем в своем родном городе Шафгаузене, где когда-то Эйнштейн некоторое время давал частные уроки. Соловин поселился в Париже, стал писателем и издателем, впоследствии осуществлял авторизованные переводы книг Эйнштейна на французский язык. Габихт покинул Берн в 1904 г., а через год уехал и Соловин, так что как таковая «Академия Олимпия» просуществовала недолго. Но трое друзей продолжали поддерживать связь друг с другом, и память об Академии сохранили в своих сердцах.

10 октября 1902 г. умер отец Эйнштейна. Он скончался, так и не успев узнать, какого великого человека дал миру. Потрясенный, не в силах поверить в обрушившееся на него горе, весь во власти безысходного отчаяния, Эйнштейн не раз спрашивал себя, почему должен был умереть отец, а не он сам. По прошествии многих лет он продолжал вспоминать об этом оглушающем чувстве потери. Однажды Эйнштейн написал, что смерть отца была самым глубоким потрясением в его жизни.

Наука служила для него исцелением. В его мозгу бурлили идеи, работе над которыми он посвящал каждую свободную минуту. В Бюро патентов Эйнштейн вскоре научился быстро справляться со своими обязанностями, и ему удавалось урвать драгоценное время для того, чтобы тайком заниматься нужными ему вычислениями. При звуке шагов он виновато прятал тетрадь в ящик стола. Через много лет, когда Эйнштейн был уже всемирно известным ученым, воспоминание об этом по-прежнему вызывало у него угрызения совести.

В 1903 г. Эйнштейн женился на Милеве Марич, которая придерживалась греческой православной веры. Свидетелями на их свадьбе были Соловин и Габихт. Первый сын Эйнштейна, Ганс Альберт, родился в 1904 г., второй, Эдуард, — в 1910, но брак этот не был счастливым. Тем не менее после развода Милева и Эйнштейн остались друзьями.

В 1902 г. Эйнштейн завершил работу над третьей научной статьей, которая, как и две предыдущие, была опубликована в «Annalen der Physik». В январе 1903 г. он написал письмо М. Бессо, другу студенческих лет в Цюрихе, о котором уже упоминалось в связи с его женитьбой на дочери Йоста Винтелера. Это письмо представляет для нас двойной интерес. Эйнштейн сообщает в нем о своей четвертой статье, и из его слов можно заключить, какие высокие требования он предъявлял к самому себе: «В понедельник после многократных переделок и исправлений я наконец отослал свою статью. Сейчас она

написана просто и ясно, и я ею доволен». Письмо также проливает свет на тогдашние академические устремления Эйнштейна и на связанные с ними переживания:

«Недавно я решил стать приват-доцентом[12] — при условии, конечно, что мне удастся довести это до конца. С другой стороны, я не буду доктором философии; в конечном счете это мало что мне даст, да и вся эта комедия наскучила мне».

Четвертая исследовательская статья Эйнштейна, так же как и в 1904 г. — пятая, была опубликована в «Annalen der Physik». Возможно, в патентных заявках, которыми Эйнштейн занимался на службе, предлагались, в частности, различные модели вечного двигателя. Несмотря на то, что определить ошибку в каждом случае было нелегко, Эйнштейну было прекрасно известно, что в принципе создание такого механизма невозможно. Ведь его третья, четвертая и пятая работы касаются термодинамики — обширного раздела физики, который зиждется на двух началах, исключающих возможность существования вечного двигателя. Выражаясь более конкретно, второе начало термодинамики содержит ключевое понятие *энтропии,* определение которого, к счастью, нет необходимости здесь приводить. Заметим только, что австрийский ученый Людвиг Больцман дал статистическую интерпретацию этого понятия, которым Эйнштейну предстояло овладеть. Каким образом ему удалось этого добиться?

Избранный им метод был наилучшим и гарантировал глубокое проникновение в статистическую теорию термодинамики. Оттолкнувшись от основополагающей работы Больцмана, Эйнштейн детально развил для себя его идеи. Они стали основной темой его третьей, четвертой и пятой статей. В то время ему не было известно, что, за исключением некоторых новых частностей, он, в сущности, повторял исследования Больцмана. Почти одновременно с Эйнштейном в какой-то мере теми же проблемами занимался американский ученый Уиллард Гиббс. Это свидетельствует о том, сколь многого достиг к тому времени Эйнштейн — почти самоучка, ведь Больцман и Гиббс — гиганты науки. Более того, разработав статистические принципы, для которых впоследствии ему удалось найти более широкое применение, Эйнштейн уже тогда значительно превзошел достижения этих ученых.

Ранние работы Эйнштейна были еще только прелюдией, своеобразной закладкой фундамента. Они создавались при далеко не самых благоприятных обстоятельствах. Научные библиотеки, которые были ему доступны, ни в малейшей степени не соответствовали его запросам. Работая над первыми статьями, Эйнштейну одновременно приходилось выполнять свои

обязанности в Бюро патентов в соответствии со строгими требованиями, которые предъявлялись к служащим. После экзамена на государственного служащего его статус стажера был изменен, и в сентябре 1904 г. Эйнштейн стал постоянным сотрудником.

Именно в это время по настоянию Эйнштейна на службу в Бюро был принят итальянец Микельанджело Бессо, инженер по образованию. Это был очень способный и эрудированный человек, но еще более ценными его качествами были доброта и благородство. Идеи Эйнштейна в то время приближались к захватывающей дух кульминации, и они с Бессо часто обсуждали их как в Бюро, так и по дороге домой. Становясь на позиции критика, Бессо помогал Эйнштейну оттачивать выводы, причем делал это крайне энергично. В то время он был для Эйнштейна идеальным «точильным камнем». Эйнштейну, пребывавшему тогда вдали от ученого мира, поистине повезло, что рядом с ним в Берне оказался Бессо, так же как ранее — Габихт и Соловин.

В 1905 г. гений Эйнштейна проявился в полной мере. Это был фантастический год. В анналах физики его можно поставить в один ряд с 1665–1666 гг., когда из-за обрушившейся на Англию чумы был закрыт Кембриджский университет и молодой Ньютон вынужден был покинуть Кембридж и поселиться в своей родной деревне Вулсторп. В тайне от всех он разработал дифференциальное исчисление, достиг значительных успехов в разработке теории света и цвета и сделал первые шаги на пути, который спустя годы привел его к открытию закона всемирного тяготения.

Весной 1905 г. Эйнштейн, будучи в прекрасном расположении духа, написал Габихту письмо, где в шутку журил его за долгое молчание. После тирады, в которой он награждал Габихта самыми невероятными прозвищами, Эйнштейн продолжал: «Почему Вы до сих пор не прислали мне свою диссертацию? Разве Вам не известно, жалкая Вы личность, что я оказался бы одним из тех полутора чудаков, которые прочтут ее с интересом и удовольствием? Обещаю Вам взамен четыре работы… первая из них… является весьма революционной…»

4. НОВОЕ

Первая статья действительно была революционной. Но была ли это теория относительности? Нет. Ее время еще только приближалось. А в этой статье речь шла о той работе, которую Эйнштейн позднее назвал «Gelegenheitsarbeit» (работой, выполненной между прочим). Свой рассказ о ней мы начнем с совершенно, казалось бы, тривиальных вещей.

Если нагреть кусок железа, он станет теплым. Если продолжать нагревать его, он станет теплее, потом раскалится докрасна. По мере того как продолжается нагревание, свечение становится все ярче и меняет окраску — от оранжевого к желтому, а вскоре к ослепительному голубовато-белому цвету. Это звучит достаточно банально. Тем не менее здесь, оказывается, скрывается нечто глубоко загадочное.

Как мог бы ученый приступить к поиску математической формулы, описывающей свечение железа при различных температурах? Один путь — это провести эксперименты, измеряя и свечение, и его цвет, затем составить график результатов в надежде, что какие-то четкие математические зависимости сами бросятся в глаза. Но даже если бы это удалось, теоретики вряд ли были бы удовлетворены. Они бы стремились вывести математическую формулу исходя из того, что известно о поведении света, теплоты и материи.

А что именно известно? Смотря о каком времени идет речь. Во второй половине XIX в. было известно немало прекрасно взаимосвязанных между собой правил и понятий, по большей части удивительно удачных. Очень нелегко дались ученым эти знания. Об этом можно было бы так долго рассказывать, что мы остановимся лишь на немногих основных моментах.

Вот, например, свет. В XVII в. Ньютон создал теорию света и цвета, объясняющую все без исключения известные в то время экспериментальные данные в области оптики. Не вдаваясь в излишние подробности, можно сказать, что он считал свет потоком частиц, каждая из которых обладает определенной пульсацией, причем цвет определялся частотой пульсации. Современник Ньютона голландский физик Христиан Гюйгенс выдвинул совершенно иную теорию. Он полагал, что свет — это не поток частиц, а некоторая элементарная волна. Но так как теория Ньютона позволяла с единой точки зрения объяснить большее число явлений, то предпочтение было отдано ей.

Понимание природы света не изменилось сколько-нибудь существенно и в следующем веке. Правда, в 1799 г. английский

врач и физик (позднее он стал еще и египтологом) Томас Юнг обнаружил поразительные данные, говорящие в пользу волновой теории света. Вникать в подробности нам ни к чему, однако основная идея все-таки требует внимания. По существу, Юнг доказал, что свет, падающий на свет, может создавать темноту. Например, свет от небольшого источника, проходя через две щели, образует на экране чередующиеся полосы света и тени. Каким образом при наложении света на свет получаются темные полосы? Корпускулярная теория Ньютона не могла дать этому явлению адекватное объяснение. Для волновой же теории такое объяснение не представляло никаких трудностей. Темные полосы — это те места, где налагающиеся волны погашались, ибо постоянно «шли не в ногу»; когда одна волна достигала гребня, другая была на спаде, и наоборот. Юнг назвал это волновое явление *интерференцией;* светлые и темные полосы стали называться *интерференционными полосами.*

Стоит отметить, что Юнг поддерживал сторонников волновой теории света, не дожидаясь того времени, когда с ее помощью окажется возможным объяснить все известные оптические эффекты. И как обычно это бывает, стоило только Юнгу выступить против устоявшихся представлений, — и его работа подверглась резким нападкам. Но спустя лет десять Юнг нашел страстного защитника своих идей в лице французского физика Огюстена Френеля. Тот самостоятельно пришел к идее интерференции и обнаружил новые серьезные аргументы против корпускулярной теории. Далее факты такого рода стали накапливаться с такой быстротой, что еще через десяток лет корпускулярная теория отошла в прошлое. И действительно, хотя особой нужды в coup de grâce[13] не было, однако ученые предпочитают все доводить до полной ясности. Дабы поставить точки над «i», был осуществлен решающий эксперимент по измерению скорости света в воде. В соответствии с теорией Ньютона свет должен был распространяться в воде быстрее, чем в воздухе; в соответствии же с волновой теорией — медленнее. Эксперимент показал, что скорость уменьшалась.

Но на этом дело не закончилось. Дальнейшее подтверждение волновой теории света пришло с совершенно неожиданной стороны. В 1819 г. датский физик Ханс Кристиан Эрстед обнаружил специфическую связь между электричеством и магнетизмом. Он показал, что электрический ток воздействует на магнитную стрелку компаса. Вскоре после этого французский физик Андре Мари Ампер с таким блеском провел математический и экспериментальный анализ этого явления, что его даже провозгласили Ньютоном электромагнетизма.

Тем временем выдающиеся экспериментальные открытия в области электромагнетизма сделал англичанин Майкл Фарадей. Он не получил специального образования и потому не мог столь искусно, как Ампер, применить математический аппарат для описания результатов своих экспериментов. Это обернулось большой удачей, ибо привело к революции в науке. Ампер и другие ученые сосредоточили свое внимание на том, что было доступно наблюдению, — на магнитах, проводах, по которым течет ток, прочей Аппаратуре и на измерении расстояния между ними. Таким образом, они следовали традиции, обязанной своим происхождением огромным успехам принципов механики Ньютона и закона гравитации. Эту традицию можно назвать изучением дальнодействия — действия на расстоянии. Фарадей же считал эту сторону физики второстепенной. По его мнению, самые существенные физические явления происходят в окружающем пространстве — *поле,* которое он в своем воображении наполнил «щупальцами». Именно эти щупальца своими «толчками» и движениями вызывают наблюдаемые электромагнитные явления. И хотя Фарадею удалось удивительно просто и точно объяснить свои эксперименты по электромагнетизму, большинство физиков — приверженцев широкого применения математики — считали представления Фарадея, не подкрепленные вычислениями, наивными.

Среди тех немногих, кто не разделял этой точки зрения, был шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл (он уже упоминался мельком в связи с поступлением Эйнштейна в Бюро патентов). Максвелл осознал, что за примитивными на первый взгляд представлениями Майкла Фарадея о поле скрывалось богатейшее физическое содержание, и безоговорочно поверил в интуицию Фарадея. Надо сказать, что и сам Максвелл обладал не менее замечательной научной интуицией. Она-то и привела его к созданию псевдомеханической модели электромагнитного поля. Максвелл и сам не считал эту модель с фигурирующими в ней вихрями и шариками сколько-нибудь правдоподобной. Она была введена как сугубо временное интеллектуальное подспорье, призванное оказать помощь в разработке подлинно серьезной физической теории. По крайней мере эта модель исключала действие на расстоянии. Какова же была присущая Максвеллу интуиция, если в этой невероятной модели оказались заложены основы электромагнетизма! Используя упрощенные понятия, Максвелл построил чрезвычайно удачную систему уравнений, описывающих электромагнитное поле. Эта система уравнений обладала замечательной симметрией, что и позволило Максвеллу чисто математическим путем прийти к выводу о существовании

электромагнитных волн, распространяющихся со скоростью света. Эти волны, как он установил, должны обладать наряду с другими свойствами также и теми, которые Юнг и Френель экспериментально обнаружили у световых волн. В результате Максвелл заявил, что световые и электромагнитные волны — это, по сути, одно и то же.

Все это происходило в 1861–1864 гг. Но поскольку соображения симметрии выходили за границы физической достоверности, теория Максвелла вызывала лишь восхищение, однако при жизни автора не получила широкого признания. Максвелл умер в 1879 г., и в этом же году родился Эйнштейн. Теория Максвелла нашла свое подтверждение лишь в 1888 г., когда немецкий физик Генрих Герц генерировал и уловил то, что сейчас называется радиоволнами. Он неоспоримо доказал, что поведение этих волн в точности соответствовало предсказанному Максвеллом. В результате уравнения Максвелла наконец- то были оценены по достоинству. Спустя год или два Герц отметил: «С нашей, человеческой, точки зрения, волновая теория света — несомненный факт». Световые волны — это такие электромагнитные волны, чьи частоты или скорости колебания лежат в довольно узком диапазоне, причем именно их частота определяет цвет. Непосредственно увидеть электромагнитное излучение за пределами этого узкого диапазона невозможно — оно становится невидимым. Более высокие частоты — это так называемое ультрафиолетовое излучение, а еще более высокие — рентгеновское и гамма-излучение. Более низкие частоты — это инфракрасное излучение, а еще более низкие — радиоволны. Подобное обобщение весьма примечательно. Объединенные единой теорией различные типы излучения представлены членами обширного семейства электромагнитных явлений, родственных той силе, которая управляла движением магнитной стрелки компаса и так заинтриговала пятилетнего Эйнштейна. Однако довольно о свете и электромагнетизме, эту гему на некоторое время можно оставить и перейти к рассмотрению теплоты. Вы возразите, что о ней только что говорилось. Но разговор касался теплоты, в форме излучения. Раскаленное железо также обладает запасом тепла (что в наши дни объясняется микроскопическими внутренними колебаниями), которое наряду с излучением считается одной из многих форм энергии.

История изучения теплоты и развития термодинамики как науки продолжительна и запутанна. В нашу задачу не входит раскрыть ее полностью. Хотя это несправедливо по отношению к смелым творцам, заложившим основы термодинамики вопреки

сильному сопротивлению физиков, но не надо забывать, что наша книга — об Эйнштейне, а он все еще ожидает своей очереди, чтобы появиться в этой главе. Отметим лишь вкратце, что теоретикам, и в первую очередь Максвеллу и Больцману, удалось разработать теорию газов. Согласно этой теории, газы состоят из сталкивающихся частиц, находящихся в хаотическом движении. Энергия этого движения, подобно энергии внутренних колебаний в твердом теле, рассматривалась как теплота. А теперь поспешим в 1900 г. и посмотрим, что же послужило толчком к появлению первой знаменитой работы Эйнштейна 1905 г.

Берлин. Октябрь 1900 г. Выдающийся немецкий физик Макс Планк взбудоражен услышанными новостями. Как и другие физики, он пытался найти объяснение свечению горячего черного тела — идеальной модели раскаленного железа. В предшествующие годы Планк занимался выводом на основе известных физических принципов формулы, описывающей спектр свечения или, иначе говоря, распределение энергии излучения по частоте. Эта формула излучения черного тела была впервые выведена немецким физиком Вильгельмом Вином, получившим в 1911 г. Нобелевскую премию. Казалось, его формула вполне соответствовала экспериментальным данным, однако из экспериментов Планку было известно, что она была вполне адекватна для высоких частот, но не годилась для низких. Что было делать? Планк, искусно применив математический аппарат, вывел новую формулу излучения черного тела, и она выдержала проверку экспериментом.

Получив эту формулу путем математических ухищрений, Планк столкнулся с необходимостью вывести ее же, исходя уже из физических принципов. Как он говорил восемнадцать лет спустя в речи при получении Нобелевской премии, последующие недели были самыми напряженными в его жизни. К декабрю решение было найдено, но судите сами, насколько оно правдоподобно. Предположим, Планк со всей серьезностью заявил бы, что качели могут описывать *только* дуги длиною три, шесть, девять и т. д. футов, но не четыре фута, не полфута и т. д. Безусловно, вы скажете, что это чепуха. Тем не менее для того, чтобы вывести свою формулу, Планку пришлось допустить нечто подобное, хотя и в микроскопическом масштабе. Иначе говоря, ему пришлось допустить, что энергия этих микроскопических колебаний изменялась не гладко, а скачками на дискретные величины, названные им *квантами.* Ему пришлось также допустить, что соотношение *энергия/частота колебаний* должно обладать одним и тем же значением для каждого такого квантового скачка. Это значение, обозначенное им *h,* называется теперь постоянной

Планка. А его квантовая гипотеза олицетворяет собой поворотный пункт в истории науки. Что же касается физики, то здесь она произвела подлинный переворот.

Однако не следует оценивать прошлое с позиций сегодняшнего дня. В 1900 г. квантовая гипотеза казалась Планку крайне непривлекательной. Много позже он назвал выдвижение этой гипотезы «актом отчаяния». Несмотря на свои опасения, 14 декабря 1900 г. Планк сделал сообщение об этой работе в Немецком физическом обществе. Его доклад был опубликован в «Трудах» общества. Расширенный вариант Планк отослал в «Annalen der Physik», где он был опубликован в 1901 г. Все это было встречено вежливым молчанием. Сам Планк в течение ряда последующих лет безуспешно пытался вывести свою формулу излучения иным, не столь радикальным путем. Не то чтобы он старался избавиться от *h,* ибо она занимала свое место в формуле излучения и никак не могла быть оттуда изъята. (На самом-то деле она косвенно содержалась уже в неверной формуле Вина). С конца 1900 по 1905 г. квантовая гипотеза оставалась в безвестности. В те годы во всем мире, пожалуй, только один человек осмелился воспринять ее всерьез. Это был Эйнштейн. Он быстро осознал все значение работы Планка и 17 марта 1905 г., через три дня после своего двадцатишестилетия, послал в «Annalen der Physik» первую — «очень революционную» — из четырех статей, о чем сообщил Габихту.

Работа Эйнштейна начиналась с простого, но серьезного замечания по самому существу проблемы. Он указал на глубокий конфликт между тем, как физики-теоретики рассматривают материю, и тем, как они рассматривают излучение. Материя считалась состоящей из частиц. Однако уравнения Максвелла, т. е. уравнения поля, описывали излучение как нечто гладкое и непрерывное, без какого-либо намека на атомарность, а потому одновременное рассмотрение и материи, и излучения привело бы к столкновению, а не к гармоничному взаимодействию традиционных теорий. Эйнштейн пошел дальше в своих рассуждениях и математически доказал, что такое столкновение неминуемо.

Можно ли избежать его? Эйнштейн прекрасно отдавал себе отчет, сколь огромны достижения электромагнитной волновой теории света. Ему было известно также, что для некоторых ситуаций эта теория просто не годилась. И вот Эйнштейн смело предложил рабочую гипотезу, согласно которой свет следует рассматривать состоящим из частиц.

И это не было дилетантской попыткой поразить невидимую цель. Эйнштейн не осмелился бы выдвинуть такую крайне

экстравагантную идею, не имея на то веских оснований. Давайте проанализируем их хотя бы для того, чтобы показать всю глубину его интуиции. Ему пришлось смело, но осторожно выбираться из затруднительного положения. Эйнштейн основывался на неверной формуле излучения черного тела Вина, полагая, что она будет удовлетворять его целям, ибо в тех случаях, когда формула Вина «работала», она работала прекрасно. Тем самым Эйнштейну удалось в отличие от Планка избежать одностороннего подхода к проблеме. Так было надежнее.

У Вина он позаимствовал формулу энтропии излучения. Сопоставив ее с формулой излучения черного тела, выведенной самим же Вином, Эйнштейн показал, что в этом случае математическая запись энтропии излучения становилась аналогичной формуле энтропии газа, а тем самым и составляющих его *частиц.* Затем Эйнштейн сопоставил *ее,* но уже по-другому, с предложенной Больцманом формулой энтропии в теоретиковероятностной ее интерпретации. Далее Эйнштейн показал, что для этих частиц света соотношение *энергия/частота* должно в точности соответствовать той величине, которую Планк использовал для определения квантовых скачков.

Как глубоко должен был Эйнштейн знать и чувствовать физику, до чего безошибочной должна была быть его интуиция, чтобы выбрать именно те фундаментальные принципы, которые позволили получить эти выдающиеся результаты! Он прекрасно сознавал, сколь многочисленные возражения могут последовать со стороны физиков против его предложения. Тем не менее Эйнштейн распространил «квантовую инфекцию» непосредственно на свет, как будто мало было хлопот с самой гипотезой Планка. Он сумел объяснить гладкость поля в понимании Максвелла сглаживанием во времени аналогично тому, как при большой выдержке фотография бегуна получается размытой. Но Эйнштейну было прекрасно известно, что он не сумеет дать удовлетворительное объяснение волнам Максвелла, существование которых было доподлинно подтверждено Герцем; или неопровержимым опытам по определению скорости света в воде; или, уж если добираться до самых основ, «интерференции» Юнга и Френеля — весомому аргументу против ньютоновской корпускулярной теории света, распространившейся чуть ли не за сто лет до появления основополагающей идеи Планка.

Стоит отметить поразительную параллель между Юнгом и Эйнштейном. Когда Юнг впервые выдвинул против общепринятой корпускулярной теории понятие интерференции (свет гасит свет), он осознавал, что ему не разделаться со всеми трудностями, с которыми столкнется волновая теория. И все же это не

остановило его, так как он чувствовал, что ньютоновская корпускулярная теория уязвима. Последующие исследования полностью оправдали его дерзость. Столетие спустя всеобщим признанием пользовалась волновая теория. Однако Эйнштейну, как и Юнгу до него, это не помешало утвердиться во мнении, что и теория Максвелла также уязвима. В пользу такого предположения говорили некоторые накопленные к тому времени факты.

Оставив временно в стороне спорные вопросы о квантах света, Эйнштейн сконцентрировал внимание на тех преимуществах, которые сулило принятие его идеи. Эти преимущества, как он доказал, отнюдь не были малосущественными, особенно если учесть, что они проявлялись именно там, где свет взаимодействовал с материей и где теория Максвелла сталкивалась с затруднениями. Эйнштейн показал, что его кванты света способны объяснить известный эффект, связанный с флуоресценцией. Он показал также, что эти кванты света могут объяснить наблюдавшийся эффект прохождения ультрафиолетового света через газ. И — что немаловажно — Эйнштейн применил свою идею для объяснения испускания электронов из металлов под воздействием света — явления, известного под названием *фотоэлектрического эффекта.* За три года до этого немецкий физик Филипп Ленард провел важные эксперименты по изучению фотоэлектрического эффекта. Он подчеркивал, что полученные им экспериментальные данные резко расходились с предсказаниями теории Максвелла. Например, увеличение частоты света приводило к возрастанию энергии испускаемых электронов, а этот факт никак нельзя было объяснить исходя из теории Максвелла. Эйнштейн показал, что идея квантов света с чрезвычайной легкостью объясняет озадачивающие результаты Ленарда. Взять, к примеру, эффект изменения частоты. Испускание электронов металлом обусловлено попаданием на него квантов света. Примем к сведению, что соотношение *энергия/частота* имеет фиксированное значение. А потому, чем выше частота, тем больше становится энергия и соответственно возрастает количество энергии, передаваемой квантом света электрону при столкновении с ним. Поэтому не удивительно, что при увеличении частоты света энергия испускаемых электронов также увеличивается. Ничуть не сложнее оказалось объяснить другие, не менее загадочные явления. Эйнштейну удалось элементарно просто описать фотоэлектрический эффект, перед чем спасовала даже классическая теория Максвелла. Следствия из предложенной Эйнштейном теоретической интерпретации

фотоэлектрического эффекта значительно превосходили объем известных к тому времени экспериментальных фактов.

Таково вкратце содержание статьи Эйнштейна. Давайте же в завершение этой главы заглянем в будущее.

Идея Эйнштейна не была встречена физиками с распростертыми объятиями. Наоборот, Планк и другие видные ученые с легкостью нашли серьезнейшие возражения против гипотезы квантов света. К счастью, идея квантов получила у Эйнштейна дальнейшее развитие. Внутренняя теплота отождествлялась с энергией движения: в газах — сталкивающихся частиц, в твердых телах — внутренних колебаний. Эта теория считалась удачной и тем не менее в конце прошлого века встретилась со значительными трудностями, угрожавшими ее существованию. Эйнштейн спас ее в 1907 г. Он утверждал, что, если принять всерьез идею Планка, — он полагал это необходимым, — ее следует применять к всем без исключения разновидностям внутренних колебаний. Эйнштейн показал, что самые значительные трудности вполне преодолимы, если принять гипотезу о существовании квантов. В частности, ему удалось устранить несоответствия в экспериментальных данных, связанных с измерением внутренних тепловых колебаний в твердых телах. Кроме того, Эйнштейн теоретическим путем вывел некоторые неожиданные соотношения, получившие впоследствии экспериментальное подтверждение.

Понятие кванта, развитое Эйнштейном, лишь выглядело опасным, но при рассмотрении материальных тел было вполне терпимым. Вот почему и другие физики постепенно стали воспринимать идею Планка достаточно серьезно и даже начали вслед за Эйнштейном довольно успешно ее применять. Тем не менее введенные Эйнштейном кванты света не вызвали у них никакого энтузиазма. Напрасно экспериментаторы пытались проверить его формулу фотоэлектрического эффекта — опыты были столь сложны, что даже в 1913 г. их результаты все еще были недостаточно убедительными. 1913 г. упомянут не случайно. Дело в том, что именно в 1913 г. возник вопрос о приеме Эйнштейна в Прусскую академию наук, и Планку в составе группы видных ученых представился случай авторитетно оценить работу Эйнштейна. С энтузиазмом отзываясь о достижениях Эйнштейна, они защищали идею квантов света и осторожно призывали не нападать на смелого новатора, если в конце концов окажется, что Эйнштейн зашел в своих рассуждениях чересчур далеко.

После того как американскому экспериментатору Роберту Милликену удалось с высокой точностью измерить заряд

электрона, он жаждал найти и покорить новые вершины и решил взяться за исследование фотоэлектрического эффекта. Милликен посвятил этому 10 лет. В его намерения входило раз и навсегда показать, что неправдоподобная теория Эйнштейна расходилась с экспериментальными данными. К своему изумлению, он, наоборот, обнаружил полное соответствие с ней. И все же, опубликовав в 1916 г. окончательные результаты своих экспериментов, Милликен все еще не мог заставить себя принять революционную идею квантов света. Тем не менее становилось все более очевидным, что к квантам света следует относиться серьезно, несмотря на всю необычность возникающих в связи с этим проблем. Становилось также очевидным, что еще в 1905 г. в Бюро патентов Эйнштейну многое открылось куда более отчетливо, чем кому бы то ни было из его современников. Настолько отчетливо выявилась необходимость признать существование частицы света — кванта, что даже потребовалось дать этой частице имя. Ее назвали *фотоном.* Однако произошло это лет через двадцать после возникновения самой гипотезы. Милликен получил Нобелевскую премию в 1923 г. А в 1921 г., когда Нобелевская премия была присуждена Эйнштейну, конкретно отмечалась лишь одна его работа, а именно, открытие закона фотоэлектрического эффекта.

Любопытно в заключение отметить, что фотоэлектрический эффект был открыт Генрихом Герцем в ходе тех самых экспериментов, которые подтвердили предсказание Максвелла и побудили Герца провозгласить истинность волновой теории света.

5. СТРАСТИ ВОКРУГ АТОМА

«Я не буду доктором философии… Вся эта комедия наскучила мне», — эти слова Эйнштейна, обращенные к Бессо в 1903 г., все еще звучат в 1905 г.

Из четырех статей, упомянутых Эйнштейном в письме к Габихту, вторая наименее значительна. По-видимому, Эйнштейн закончил ее примерно через месяц после первой и послал в Цюрихский университет в качестве докторской диссертации. Профессор Клейнер, отклонивший первую диссертацию Эйнштейна в 1901 г., отклонил и эту, как слишком краткую. Эйнштейн быстро добавил к ней одну-единственную фразу и вновь представил свою работу. На этот раз она была принята. Вот так в 1905 г. Эйнштейн стал доктором философии. При этом все складывалось как бы в полном соответствии с настроением его письма к Бессо. Есть основания предполагать, что он даже подумывал одолжить деньги у Бессо, чтобы оплатить печатание своей диссертации. На отдельном листе диссертации появились слова «Посвящается моему другу д-ру Марселю Гроссману». К сожалению, это выражение признательности пришлось вычеркнуть, когда работа была опубликована в «Annalen der Physik» в 1906 г.

Идея этой работы вполне могла бы прийти Эйнштейну в голову за чаем. Все знают, что, если положить кусок сахара в чай, он растворяется в воде, образуя несколько более вязкую жидкость. Не сразу, однако, догадаешься, на что это натолкнуло Эйнштейна. Давайте же посмотрим, что именно смогло извлечь хитроумие Эйнштейна из подслащенной воды.

Как обычно, он дошел до самой сути, рассматривая воду как бесструктурную жидкость, а молекулы сахара — как маленькие твердые сферы. После этого оказалось возможным произвести такие вычисления, которые без построения упрощенной модели были бы невозможны. Проделав большую работу, Эйнштейн вывел уравнения, описывающие процесс диффузии сфер в жидкости и увеличение ее вязкости.

А теперь настал черед удивиться. Разработав эту теорию, Эйнштейн воспользовался величинами скорости диффузии и вязкости растворов настоящего сахара в настоящей воде, ввел эти данные в свои уравнения и обнаружил — что бы вы подумали?.. Прежде всего то, что предлагалось в названии работы, а именно: «Новое определение размеров молекул». Оказалось, что размер молекул сахара был приблизительно равен $6{,}2 \times 10^{-8}$ см. С учетом всех упрощений, которые ввел Эйнштейн, это значение было

достаточно близко к реальному.

Но это не все. Эйнштейн также обосновал некоторую величину (порядка нескольких сотен тысяч триллионов триллионов) — так называемое *число Авогадро.* Оно определяет число молекул, содержащихся в некотором стандартном объеме идеального газа при определенных стандартных условиях.

Не следует представлять дело так, будто именно Эйнштейн первым определил размеры молекул и величину числа Авогадро. Изобретательные предшественники уже проделали эту работу. Правда, опирались они на свойства газов, а не на свойства растворов.

Особое значение приобрело число Авогадро. Зная это число, можно сразу же вычислить, например, массу любого атома. Кто же первый с достаточной точностью определил это число? Этим человеком был Планк. Причем контекст был самым, казалось бы, неподходящим: значение числа Авогадро было определено Планком при измерении излучения черного тела. Более того, Планк даже сделал это в 1900 г. в той самой статье, где была предложена квантовая гипотеза. И Планк, и Эйнштейн интуитивно считали этот факт фундаментальным достижением.

Но как вообще можно было вывести число Авогадро, занимаясь свечением черного тела? Кажется, между ними нет ничего общего.

Те принципы, на которые опирались физики в своей работе, теснейшим образом между собой связаны и применяются в самых отдаленных разделах физики. Передать это популярным образом непросто. Возьмем, к примеру, вероятностную формулу Больцмана для энтропии. Она исходит из молекулярной теории газов и содержит ключевую величину — так называемую газовую постоянную. При вычислении энтропии с позиций теории вероятностей эта постоянная должна была учитываться, даже если речь вовсе не шла о газах.

Наша задача — поспевать за все новыми открытиями Эйнштейна, так что придется ограничиться этим кратким примером. Не прошло и месяца после представления второй — «сахарной» — статьи, как Эйнштейн отослал в «Annalen der Physik» третью из четырех статей, упомянутых в письме к Габихту. И эта статья по праву знаменита.

Сестра Эйнштейна, Майя, описывая дни своей юности, рассказывала о том удовольствии, с каким молодой Эйнштейн курил длинную трубку, подаренную ему отцом. В своих воспоминаниях она писала, что «он любил наблюдать, как образовывались причудливые клубы дыма, изучать движения отдельных частиц дыма и их взаимодействие».

Возможно, это и послужило толчком для появления новой статьи Эйнштейна. Давайте, как и прежде, проследим за общей линией рассуждений и вновь поразимся выводам. Эйнштейн опять прибегнул к образу маленьких твердых сфер в жидкости, но на этот раз он допустил, что жидкость имеет молекулярную структуру, а сферы относительно огромны — размером с маленькую частицу дыма или подобную ей крупинку, которую можно разглядеть в микроскоп. Поскольку запас тепла есть энергия движения, то молекулы жидкости должны были бы постоянно сталкиваться и хаотично перемешиваться. Эйнштейн еще раньше пришел к такому же выводу, что и Больцман: энергия движения, в среднем одинаковая для всех молекул, составляющих эту смесь, независимо от массы, обусловлена столкновением частиц в смеси.

Но к чему ограничиваться молекулами? Эйнштейн понял, что в вопросе о распределении энергии молекулы и крупинки можно рассматривать единообразно. Конечно, различия есть. Кому же не известно, что, например, биллиардный шар не должен двигаться с такой же скоростью, как шарик для пинг- понга, чтобы приобрести энергию последнего. Крупинки должны были бы двигаться со значительно меньшей скоростью, чем молекулы жидкости. И действительно, скорость крупинки можно сравнить со скоростью пера авторучки при письме. Однако движение крупинок далеко не так просто. Возьмем, к примеру, единичную крупинку в состоянии покоя, окруженную со всех сторон молекулами. Так как в целом удары молекул с противоположных сторон более или менее уравновешивают друг друга, можно предположить, что крупинка остается в состоянии относительного покоя. Но такое предположение расходится с законами теории вероятностей. Эйнштейн показал, что статистические флуктуации — аналогичные выпадению счастливого числа при игре в кости — вызовут дисбаланс, и его будет достаточно для того, чтобы придать крупинке интенсивное зигзагообразное движение, которое можно увидеть в микроскоп.

Не имея конкретных количественных данных, Эйнштейн не мог с уверенностью утверждать, что предсказанное им движение представляет собой так называемое *броуновское движение,* которое впервые наблюдал шотландский ботаник Роберт Броун в 1828 г. Тем не менее Эйнштейн был убежден, что если молекулярная теория внутренней теплоты правильна, то должно иметь место аналогичное движение. В то время он не знал, что еще в 1888 г. французский физик М. Гу пришел к выводу, согласно которому броуновское движение — это форма теплоты. В 1906 г. к аналогичному заключению независимо от него пришел

польский физик Мариан Смолуховски.

Быстрое зигзагообразное движение крупинок затрудняет непосредственное измерение их скорости. Можно ли в таком случае проверить теоретические выводы количественными методами?

Эйнштейн нашел новый способ проверки. Он показал, что со временем хаотические зигзаги вызывают перемещения и что процесс перемещения — это, по существу, процесс диффузии, аналогичной изученной им диффузии сахара в воде. Эйнштейн воспользовался тем, что один и тот же процесс можно рассматривать и как хаотическое зигзагообразное перемещение, и как диффузию. Он провел соответствующие расчеты для обоих процессов, сопоставил полученные результаты, и затем была выведена долгожданная формула. С помощью этой формулы оказалось возможным соотнести среднее перемещение (которое можно измерить) с количественным выражением скорости диффузии. Все это имеет прямое отношение и к теории газов.

Но достаточно подробностей. Давайте перейдем к кульминационному моменту. Если теория правильна, то колебательное движение крупинок можно рассматривать как теплоту, и тем самым крупинки должны будут подчинятся законам теплового движения, управляющим хаотическим перемещением молекул. А потому рассмотренные Эйнштейном частицы как бы делают молекулярную теорию теплоты осязаемой и подтверждают правильность уравнения Эйнштейна; они показали глубокую внутреннюю связь броуновского движения и молекулярной теории газов.

Это имело чрезвычайное значение. Предоставим же слово самому Эйнштейну. В «Автобиографических набросках» он пишет: «Главной моей целью было найти такие факты, которые возможно надежнее устанавливали бы существование атомов определенной конечной величины… Согласие этих выводов [о статистическом законе броуновского движения] с опытом, а также определенная Планком из закона излучения истинная величина молекулы… убедили многочисленных тогда скептиков (Оствальд, Мах) в реальности атомов».

Вот, наконец, кульминация: наука признала существование атомов. Наша глава завершается.

Дальнейшее можно рассматривать как постскриптум. Эрнст Мах, о котором Эйнштейн упоминает в скобках, был австрийским физиком. Его глубокие идеи оказали огромное влияние на Эйнштейна. А что же можно сказать о еще большем, нежели Мах, скептике — Вильгельме Оствальде? Разве нам не знакомо это имя? Оствальд был физико-химиком. И отец Эйнштейна, и сам

Эйнштейн безрезультатно обращались к нему в 1901 г. Приятно отметить, что Оствальд и Эйнштейн впоследствии стали добрыми друзьями и относились друг к другу с величайшим уважением.

6. ЛУЧШИЕ ВРЕМЕНА

«К электродинамике движущихся тел». В анналах науки эта работа, — последняя из четырех статей, упомянутых Эйнштейном в письме к Габихту, — пользуется заслуженной славой, и именно в связи с ней мы, наконец, обратимся к теории относительности. Эйнштейн писал Габихту, что готов лишь черновой вариант статьи. Впрочем, не будем судить его за медлительность. Работа над рукописью не затянулась надолго: окончательный вариант статьи был завершен поразительно быстро. Статья попала в редакцию «Annalen der Physik» 30 июня 1905 г., всего через пятнадцать недель после «очень революционной» статьи о световых квантах, причем в промежутке Эйнштейн завершил докторскую диссертацию и статью о броуновском движении. И все это — наряду с каждодневным трудом в Бюро патентов. Неудивительно, что, закончив статью об относительности, он почувствовал крайнюю усталость.

Каково мое место в пространстве? Как происходит мое движение в нем? Эти необъятные вопросы лежат в основе теории относительности, и оба они таят немало сюрпризов. Попробуйте представить себе, какие эмоции могли бы вызвать эти вопросы у первобытного человека, даже просто приснившись ему: кошмарные видения, что он теряется в непроходимых лесах и мечется из стороны в сторону, окруженный невидимыми опасностями; и чувство облегчения, когда, пробудившись ото сна, он видит, что благополучно оставался все это время в своей пещере — в родном «доме», в покое, и мучившие его вопросы благополучно разрешились.

Но не слишком ли легко получены ответы? Как отнеслись бы к этим вопросам люди, находящиеся на более высокой ступени цивилизации, — средневековые монахи, верившие в неподвижность Земли, вокруг которой вращалось все сущее — материальное и духовное? Для них тоже ответы не представляли труда, однако лишь до поры до времени. Дело в том, что Коперник, а за ним Кеплер и Галилей посеяли ересь о движущейся Земле. Церковь была до того напугана, что принялась преследовать еретиков. Ведь идея о движении Земли лишала Человека центрального места в принятой святой церковью схеме мироздания. Ересь все глубже пускала корни. И если мать-Земля всего лишь странствующая песчинка, затерянная в неисчерпаемых глубинах Вселенной, то где же монастырь? Где пещера? И как происходит их движение?

Долгое время люди вслед за Платоном и Аристотелем

верили, что царящие на небесах законы полностью отличаются от тех, которые управляют земной жизнью. В те времена у человечества было предостаточно на то оснований: в самом деле, хотя Луна и вращается в космической пустоте, но разве яблоки тем не менее не падают на землю?

И вот в 1687 г. Ньютон завершает свои «Начала» — величайший научный труд всех времен. Он объединил и небеса, и землю в могущественном синтезе: яблоко и Луна — все без исключения предметы материального мира подчинялись одним и тем же простым законам и непреклонно двигались по предназначенным для них траекториям как части огромного механизма.

Законы Ньютона удивительно немногочисленны и немногословны: три закона посвящены движению, а один — гравитации — действию на расстоянии. Формулируя эти законы, Ньютон не мог не говорить о состояниях покоя и движения. Но относительно *чего* следовало рассматривать эти состояния? Безусловно, не по отношению к несущейся в пространстве Земле. Ньютон устанавливал законы, годные для любого места во Вселенной, а не только для Земли. С присущей ему гениальностью он сознавал, что для законов столь всеобъемлющего вселенского масштаба и начало отсчета должно быть соответствующим.

Итак, движение и покой — относительно *чего?* Ньютон смело ввел в физику бесконечное и однородное *абсолютное пространство,* которое он провозгласил неподвижным и объяснил его происхождение вездесущностью бога. Он выдвинул также идею *абсолютного времени,* которое, как он утверждал, течет равномерно. Абсолютное время Ньютон объяснил бессмертием бога. Неподвижное абсолютное пространство позволяло Ньютону ввести во вселенском масштабе абсолютный покой и абсолютное движение. Основываясь на неизменности абсолютного времени, он имел возможность определить как равномерное, так и неравномерное движение. Теперь он был готов ответить на всеобъемлющие вопросы: Каково мое место в пространстве? Как происходит мое движение в нем?

Если вдуматься, то нетрудно убедиться, что эти рассуждения до некоторой степени абсурдны. Можно ли удовлетвориться абсолютным пространством, однородным и потому лишенным каких-либо ориентиров, в качестве некоего стандарта, относительно которого должно определять положение тела в пространстве и его движение? Разве часы, как бы неверно они ни шли, не ведут сами по себе точный отсчет времени? Если нет, то почему в таком случае может не быть равномерным течение

абсолютного времени, если единственный критерий для сравнения оно само?

Во всем этом нет ничего необычного. Фундаментальные основы естественных наук всегда отличаются изрядной запутанностью. Ньютон был далеко не так прост и прекрасно понимал, что делает. Ведь ему надо было с чего-то начать, и то, что он ввел абсолютное пространство и абсолютное время, свидетельствует о его подлинной гениальности. На идеи Ньютона сразу же накинулись такие авторитетные критики, как ирландский философ и епископ Джордж Беркли или немецкий философ, математик и дипломат Готфрид Лейбниц. Однако успех теории Ньютона заставил умолкнуть его противников. Абсолютное пространство и абсолютное время «выжили» и обрели статус научной догмы. По прошествии 200 лет, уже в XIX в., Эрнст Мах вновь подверг эти догмы критике. И все-таки они устояли: Ньютон был мастером своего дела, и построенная им система механики была рассчитана на века.

Прежде чем пойти далее, давайте для удобства условимся, что, говоря о «равномерном» движении, будем впредь иметь в виду прямолинейное равномерное движение.

В «Началах» Ньютона приводится множество вытекающих из установленных им законов следствий. Пятое из них гласит (с учетом принятого нами условия):

«Относительные движения друг по отношению к другу тел, заключенных в каком-либо пространстве, одинаковы, покоится ли это пространство или движется равномерно и прямолинейно…»

Здесь утверждается — и это согласуется с нашим опытом, — что внутри *равномерно* движущегося тела движение незаметно. Вы возразите, что движение открытого аппарата — будь оно даже равномерным — разоблачили бы смена пейзажа и напор воздуха. Подобное возражение нетрудно было бы отвести, если допустить, что аппарат герметичен и не имеет окон. Но к чему кривить душой? И проносящийся мимо нас пейзаж, и напор воздуха говорят лишь о том, что именно относительно *них* совершается движение. Ньютон рассуждал в космическом масштабе, говоря об абсолютном покое и равномерном абсолютном движении относительно однородного абсолютного пространства. Попробуем тогда вообразить себя пассажирами научного летательного аппарата, осуществляющего равномерное абсолютное движение где-то в абсолютном пространстве. Перед нами стоит задача ответить в некотором абсолютном смысле на вопрос: «Как происходит наше движение?»

Первой нашей мыслью было бы провести наблюдения за ориентирами, такими, как Луна, Юпитер, звезды. Но какую

пользу принесли бы они нам? Подобно напору воздуха и смене пейзажа на Земле, эти ориентиры способны указать лишь на относительное движение. После этого у нас возникла бы идея провести на борту аппарата механические эксперименты с целью выявления абсолютного движения. Но тут-то до нас начал бы доходить смысл пятого следствия Ньютона: ведь из Него следует, что наша затея не более чем пустая трата времени. Подобные опыты заранее обречены на неудачу. Заметим, что, если бы нашей задачей было определить *отклонения* от равномерного абсолютного движения, мы легко бы в этом преуспели. Но выявить физическими методами равномерное абсолютное движение невозможно.

Итак, у Ньютона теория и практика состыкованы друг с другом не лучшим образом. На практике ни состояние покоя, ни *равномерное* движение не могут быть абсолютными: об этом говорят сами законы Ньютона. И тем не менее Ньютон сформулировал свои законы для абсолютного пространства и абсолютного времени, что при обращении к практике равносильно их отрицанию.

Не будем останавливаться на том, каким образом Ньютон преступал рамки своих законов, чтобы преодолеть возникшие затруднения. Когда Юнг и Френель опровергли его корпускулярную теорию света, ситуация изменилась. Ведь если свет распространяется в виде волн, то вся видимая Вселенная, чтобы их передавать, должна быть чем-то наполнена. Это «что-то» получило название *эфира.* Само по себе это не столь важно для нас. Однако, как отмечал Юнг, проведение оптического эксперимента должно было основываться на способности светоносного эфира свободно проходить через материю. За исключением пульсирующих световых волн, эфир можно было бы, таким образом, считать находящимся в состоянии абсолютного покоя. Итак, несмотря на пятое следствие Ньютона, применимое к механическим движениям, оптические эксперименты вполне позволяли определить равномерное движение через эфир, и это движение можно было бы считать абсолютным.

Этот момент не прошел мимо внимания экспериментаторов. Уже в 1818 г. были поставлены первые оригинальные оптические эксперименты для измерения абсолютного движения Земли, т. е. ее движения относительно неподвижного эфира. Однако результаты ни в коей мере не оправдали ожидания[14]. Первые эксперименты не выявили ни малейших следов такого движения, ничего, что указывало бы на эфирный ветер.

Френелю удалось объяснить все эти отрицательные результаты с помощью блестящего предположения. Он заявил,

что некоторая часть эфира остается внутри материи, в то время как остальная часть свободно проходит сквозь нее. Но его предположение содержало вопиющее противоречие: каждой составляющей спектра света соответствовало в таком случае разное количество поглощенного эфира, что воистину абсурдно. Однако это отнюдь не преуменьшает значения блестящей гипотезы Френеля. Напротив, ее значение лишь возрастает, ибо, как выяснилось много позднее, Френель интуитивно приблизился к чему-то такому, что соответствовало теории относительности и никак не укладывалось в рамки ньютоновской картины мира.

Здесь нам предстоит сказать о выдающемся голландском теоретике Хендрике Антоне Лоренце, которому в 1902 г. была присуждена Нобелевская премия. В конце XIX столетия он значительно усовершенствовал максвелловскую электромагнитную теорию, в ходе чего им была получена формула Френеля, но без содержащегося в ней противоречия. При этом предполагалось, что эфир находится в состоянии абсолютного покоя, если не считать проходящие через него световые волны.

Все, казалось бы, было расставлено на свои места, если бы Максвелл в последний год своей жизни не успел предложить идею нового оптического метода измерения движения Земли через эфир. Эксперимент требовал приборов такой необычайной чувствительности, что Максвелл был уверен в невозможности его осуществления. Тем не менее идея Максвелла открывала теоретическую возможность измерить эффекты, описываемые формулой Френеля и недоступные другим, менее чувствительным методам проведения оптических экспериментов.

Однако Максвелл проявил излишний пессимизм. Он не мог предвидеть, сколь изобретательным окажется в подготовке экспериментов американский физик Альберт Майкельсон, которому в 1907 г. была присуждена Нобелевская премия. В своей предварительной попытке, предпринятой в 1881 г., Майкельсон остроумно использовал интерференционные полосы и продемонстрировал, что эксперимент вполне осуществим. В 1887 г. вместе со своим коллегой Э.В. Морли он провел этот эксперимент, добившись еще большей точности.

Эксперимент Майкельсона — Морли слишком хорошо известен, чтобы подробно на нем останавливаться. Его целью было определить воздействие движения Земли на скорость света, измеренную на Земле. Если Земля движется через стационарный эфир, в лаборатории должно ощущаться нечто вроде эфирного ветра. Направьте пучок света в направлении этого потока, поставьте на его пути зеркало и дайте отраженному свету

возвратиться в исходную точку. Вычисления показывают, что время, затраченное на этот путь, будет несколько превышать то время, которое понадобится пучку, направленному перпендикулярно потоку. Определив разницу во времени, которое затрачивается на прохождение пучком света пути туда и обратно в различных направлениях, можно измерить скорость эфирного ветра, а тем самым и скорость движения Земли через эфир. Эксперимент был проведен с достаточной точностью, чтобы уловить разницу во времени, если эфир считать неподвижным. Однако, к разочарованию Майкельсона, приборы не показали никаких различий. В силу этого Майкельсон счел эксперимент неудачным и вплоть до 1902 г. упоминал о нем с некоторым смущением.

Если оценивать эксперимент Майкельсона — Морли как попытку измерить абсолютное движение Земли, то он действительно закончился неудачей. Но сама эта неудача обернулась триумфом. Отрицательный результат, полученный Майкельсоном и Морли, привел в замешательство тех немногих, кто способен был понять некоторые проистекающие из него последствия. Согласно предположению Майкельсона, нулевой результат означает, что Земля увлекает за собой окружающий ее эфир. Но поскольку убедительнейшие экспериментальные и теоретические доводы свидетельствовали против этого, теоретики встали перед следующей проблемой: если поток эфира *должен* существовать, то почему он никак не проявляется?

Ирландский физик Г.Ф. Фитцджеральд, а затем и Лоренц независимо друг от друга предложили следующее объяснение: тела сокращаются в направлении своего движения через эфир, причем величина этого сокращения как раз такова, чтобы компенсировать влияние эфирного ветра в эксперименте Майкельсона — Морли. Чем больше скорость движения через эфир, тем больше соответствующее сокращение. Из-за орбитальной скорости Земли, составляющей около 30 км/с, длина любого тела будет сокращаться всего-навсего на одну стомиллионную часть. При движении же со скоростью света, т. е. около $3x10^8$ м/с, длина тела должна будет сократиться до нуля.

Большинство ученых восприняли это предположение ad hoc без большого энтузиазма. Великий французский математик, теоретик, философ и популяризатор науки Анри Пуанкаре считал сложившееся положение совершенно неудовлетворительным. Он возражал против метода «заплат»: сначала Френель, выдвинув идею о частично увлекающемся эфире, пытался дать объяснение нулевого результата ранних, не вполне еще точных экспериментов; теперь же Фитцджеральд и Лоренц пытаются с

помощью идеи сокращения объяснить нулевые результаты более точных опытов. А что, если экспериментаторы сумеют добиться еще большей точности и получат новые неожиданные результаты? Значит, еще кому-то придется поспешно ставить новые заплаты с помощью предположений, скроенных специально по мерке существующих фактов? Под влиянием критических замечаний и советов Пуанкаре Лоренц предпринял систематические усилия, пытаясь согласовать уравнения Максвелла с результатами эксперимента Майкельсона — Морли и других, уже поставленных или еще не задуманных экспериментов. К 1904 г. после напряженной работы он в основном нашел математическое решение проблемы. Поскольку в данном случае нас не интересуют подробности, наметим лишь общий ход рассуждений Лоренца, даже если оно покажется несколько туманным. Проблема состояла в том, чтобы сохранить неизменной форму уравнений Максвелла при переходе от тела, находящегося в эфире в состоянии покоя, к телу, равномерно движущемуся относительно эфира. Чтобы добиться этого, Лоренц использовал, помимо всего прочего, сокращение длины. Однако ему не удалось полностью сохранить форму уравнений Максвелла. В его рассуждения вкрался какой-то изъян.

А тем временем Пуанкаре продолжал высказывать весьма глубокие и проницательные замечания. Например, в том самом 1895 г., когда шестнадцатилетний Эйнштейн размышлял над тем, какой представилась бы нам световая волна, если бы мы двигались вслед за ней со скоростью света, Пуанкаре выдвинул в качестве рабочей гипотезы — а с 1899 г. и более определенно — предположение, которое в 1904 г. он назвал *принципом относительности*. По сути, этот принцип повторял идею пятого следствия Ньютона: невозможно определить состояние абсолютного покоя или равномерного движения. Однако Пуанкаре, рассматривавший эту проблему с точки зрения теории Максвелла, четко осознавал, что ньютоновской теории предстоит претерпеть коренные изменения. Данное предвидение не было ошибочным. И в самом деле, во многих работах Пуанкаре прослеживается удивительное предчувствие идей и результатов теории относительности.

В июне 1905 г., почти одновременно с Эйнштейном, Пуанкаре отправил в научные журналы две статьи, имевшие одинаковое название: «О динамике электрона». Обе они существенно основывались на статье Лоренца 1904 г. В первой, более краткой, была исправлена допущенная Лоренцом ошибка и лишь вскользь затронута проблема, исчерпывающему математическому решению которой была посвящена вторая статья.

Эйнштейну, когда он писал свою статью, конечно, не были известны эти две еще не напечатанные работы Пуанкаре. Не знал он и статьи Лоренца, опубликованной в 1904 г. Эйнштейн избрал совершенно иной метод. Более того, ему удалось осуществить преобразование уравнений Максвелла и при этом избежать ошибок.

Практически все основные математические формулы, вошедшие в статью Эйнштейна 1905 г. по теории относительности, можно найти и в работе Лоренца 1904 г., и в двух вышеупомянутых исследованиях Пуанкаре (оба они позднее стали датироваться 1905 г., хотя более существенная из них появилась в печати не ранее начала 1906 г.). Зачастую идентичные формулы были почти неизбежны, поскольку математическое облачение теории относительности связано с уравнениями Максвелла и математическим описанием распространения волн. В самом деле, фундаментальное для теории относительности математическое преобразование — формула, названная Пуанкаре в 1905 г. «преобразованием Лоренца», — еще в 1898 г. было на основе уравнений Максвелла получено Джозефом Лармором, физиком ирландского происхождения. Кроме того, еще раньше, в том самом 1887 г., когда был поставлен эксперимент Майкельсона — Морли, почти такое же преобразование применил немецкий физик Вольдемар Фойгт при изучении волнового движения. В сожалению, разговор об этом неизбежен, поскольку подобные математические совпадения наводят некоторых людей на ошибочную мысль, что вклад Эйнштейна в данном случае был лишь второстепенным, а это, безусловно, далеко от истины. И все же справедливости ради мы обязаны отметить, что в работах Пуанкаре содержится множество близких к теории относительности идей, и остается только удивляться, что ему не удалось сделать тот решительный шаг, который привел бы его к этой теории, — так близко Пуанкаре подошел к ней.

После столь затянувшегося предисловия мы можем, наконец, обратиться к статье по электродинамике движущихся тел, написанной Эйнштейном в 1905 г. Она достойна самого глубокого внимания — и, конечно же, потребует его.

Под впечатлением от законов термодинамики, заведомо отвергающих возможность создания вечного двигателя, Эйнштейн занялся поисками другого, столь же сильного принципа. Однако ключ к теории относительности после многих лет неудач и разочарований был найден им неожиданно. В одно прекрасное утро все части калейдоскопа так легко и естественно сложились вдруг перед его мысленным взором в волшебную картинку, что он

сразу же проникся уверенностью в своей правоте. Правда, Эйнштейн был столь же уверен и в другой, более гипотетической своей работе о квантах света, состоявшей, казалось, из самых неожиданных противоречивых элементов.

Эйнштейн, должно быть, сознавал, что творит на века. И тем не менее он, вероятно, записывал свои вычисления на разрозненных листках бумаги. Правда, прежде чем послать свои ныне широко известные статьи 1905 г. в «Annalen der Physik», Эйнштейн, скорее всего, достаточно аккуратно переписывал их. Однако после появления этих статей в печати рукописи исчезли — наверное, он незамедлительно использовал их обратную сторону для других черновых вычислений. Как бы то ни было, оригиналы его работ не сохранились. Таков уж был Эйнштейн.

А теперь обратимся к содержанию его статьи 1905 г. по проблеме, получившей вскоре название специальной теории относительности. Отметим прежде всего, что Эйнштейн не упоминает особо результат эксперимента Майкельсона — Морли. Создается впечатление, что для его рассуждений этот результат как будто бы ни к чему. Более того, он оставил без внимания выдвинутое им самим всего за несколько недель до этого предположение, что свет должен каким-то образом состоять из квантов.

Как и в предшествующей работе, Эйнштейн начинает с изложения конфликта, выявляющего суть проблемы: в теории Максвелла проводится необоснованное различие между состояниями покоя и движения. Эйнштейн приводит такой пример. Если магнит и виток провода движутся друг мимо друга, в проводе возникает электрический ток. Представим себе, что магнит движется, в то время как виток находится в состоянии покоя. Теория Максвелла прекрасно все это объясняет. А теперь сделаем наоборот — пусть виток провода движется, а магнит находится в состоянии покоя. И снова теория Максвелла дает прекрасное объяснение. Но с физической точки зрения оно уже совершенно иное, несмотря даже на то, что вычисленные токи одинаковы.

Итак, заставив читателя усомниться в правильности максвелловского понимания состояний покоя и движения, Эйнштейн подкрепляет эти сомнения, приводя в качестве доказательства «безуспешные попытки обнаружить какое-либо движение Земли относительно эфира». Таким образом, он формулирует сильный постулат: никакой эксперимент не может обнаружить абсолютный покой или равномерное движение, т. е. пятое следствие Ньютона выполняется для всех разделов физики. Подкрепленный фактами, этот постулат, названный Эйнштейном

принципом относительности, безусловно, правдоподобен. Сразу же вслед за ним Эйнштейн формулирует второй принцип, который во всяком случае не менее правдоподобен. Этими двумя искусно нанесенными ударами Эйнштейн подготавливает почву для решительного переворота.

Его второй принцип гласит, что независимо от движения источника свет всегда движется через пустое пространство с одной и той же постоянной скоростью *c.* Такой постулат, возможно, покажется странным. Если, например, считать, что свет состоит из частиц, то естественным выглядит допущение о зависимости скорости этих частиц от движения источников света. Но с точки зрения волновой теории света второй принцип Эйнштейна приобретает оттенок совершеннейшей банальности. Ибо световая волна, каким бы ни было ее происхождение, возникнув, переносится эфиром с той стандартной скоростью, с которой в эфире распространяются волны. Если это столь очевидно, то почему Эйнштейн возводит это в принцип? Да потому, что в этой же статье он утверждает: «Введение „светоносного эфира“ окажется излишним». Формулируя свой второй принцип, Эйнштейн извлек из понятия эфира все, что действительно необходимо. Отдадим должное его смелости. Не успев выдвинуть квантовую гипотезу о том, что свет должен так или иначе состоять из частиц, он тут же принимает в качестве второго принципа своей теории относительности утверждение, не чуждое волновой теории света, несмотря даже на то, что идею эфира он объявляет «излишней». Здесь вновь поразительным образом проявляется вера Эйнштейна в свое интуитивное постижение сути физических процессов.

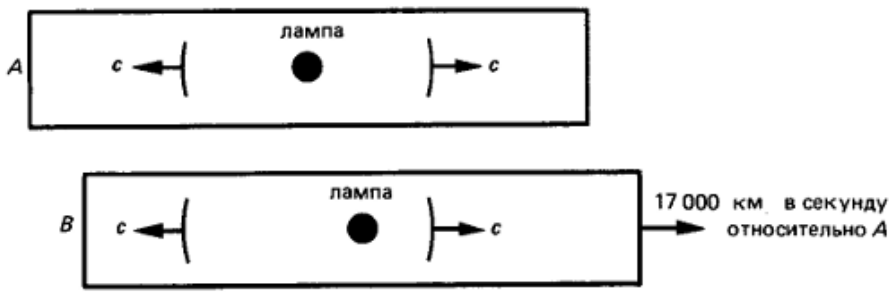
Итак, перед нами два принципа. Каждый из них достаточно прост, убедителен и на первый взгляд безобиден. Каждый утверждает идею, находящуюся на грани очевидного. В чем же их опасность для устоявшихся представлений? Где кроется угроза революционного переворота в физике?

В своей статье Эйнштейн пишет, что эти принципы состоят «лишь в кажущемся противоречии». Но что имеет он в виду под этим *противоречием?* В чем состоит конфликт? И почему это противоречие *лишь кажущееся?* Что мог Эйнштейн подразумевать под этим?

Постарайтесь внимательно проследить за ходом его мысли. Ваши усилия не пропадут даром. Однако предупреждаем: по мере того как вы будете вникать в суть рассуждений Эйнштейна, вы вдруг поймаете себя на том, что киваете в знак согласия головой. Через некоторое время его доводы станут казаться вам настолько очевидными и не содержащими ничего оригинального, что вы,

пожалуй, начнете клевать носом. Затем наступит момент, когда вы с трудом сможете сдержать зевоту. Берегитесь: к этому времени вы зайдете столь далеко, что уклониться от потрясения не удастся, ибо очарование эйнштейновской логики заключается именно в ее кажущейся наивности и простоте.

А теперь рассмотрим два одинаковых равномерно движущихся тела — пусть это будут два технически оснащенных космических корабля, которые показаны ниже на рисунке. Представим себе, что эти корабли — назовем их по первым буквам имен их капитанов *A* и *B* — находятся далеко в космосе и, следовательно, не испытывают никаких внешних воздействий. Пусть их равномерное относительное движение происходит со скоростью, скажем, 17 000 км в секунду, как это указано на том же рисунке. В центре каждого корабля находится лампа. Когда *A* и *B* оказываются друг против друга, капитаны на мгновение зажигают лампы, посылая, таким образом, световые импульсы вправо и влево. На рисунке показаны корабли и импульсы света мгновением позже. Для удобства мы изобразили их так, как если бы *A* находился в состоянии покоя.



Итак, почва для вопроса подготовлена. По второму принципу Эйнштейна, скорости световых импульсов не зависят от движения их источников. Следовательно, — и это немаловажно — световые импульсы занимают положения, показанные на рисунке. Капитан *A* в своем корабле измеряет скорости их распространения и вправо, и влево и обнаруживает, что в обоих случаях скорость имеет одно и то же значение *c*. Капитан *B* также проводит соответствующие измерения на борту своего корабля. Он движется относительно *A* со скоростью 17 000 км в секунду, в то время как посылаемые им световые импульсы не отстают от импульсов, посылаемых *A*. Вы согласны с этим? В таком случае возникает вопрос: каковы измеренные *B* скорости импульсов света относительно его корабля?

Можно было бы ожидать, что, с учетом своего движения относительно *A, B* измерит скорость своих световых импульсов, движущихся относительно его корабля влево, и она окажется равной $c + 17\,000$, а скорость движущихся вправо импульсов —

куда меньшей, а именно, с — 17 000.

Но если бы это было так, то нарушился бы первый постулат Эйнштейна. Как же так? Ведь если *A* и *B* проводят в точности одни и те же эксперименты на борту своих кораблей и совершают равномерное движение, то они должны получить одинаковые результаты. Таким образом, *B,* как и *A,* измерив обе скорости, обнаружит, что они равны с. В самом деле, независимо от того, как быстро движется *B* относительно *A,* пытаясь догнать удаляющийся импульс света, свет всегда будет удаляться от него с одной и той же скоростью *c. B* не может догнать удаляющийся свет точно так же, как на Земле невозможно достичь горизонта. Ни одно материальное тело не может двигаться с быстротой света. В этом поразительном выводе неожиданно заключен ответ на вопрос 16-летнего Эйнштейна о движении за световой волной.

Поскольку итог наших рассуждений крайне неожидан, попробуем рассмотреть его с другой точки зрения — хотя бы для того, чтобы проверить, следует ли наш вывод из двух принципов Эйнштейна. Предположим, *A* обнаружил, что скорость в обоих направлениях равна *c,* в то время как для *B* она оказалась равной с + 17 000 в одном направлении, и *c* — 17 000 — в другом. Тогда *A* мог бы с полным правом заключить, что он находится в состоянии абсолютного покоя, а *B* передвигается с абсолютной скоростью 17 000 км в секунду. Однако этот вывод противоречил бы принципу относительности.

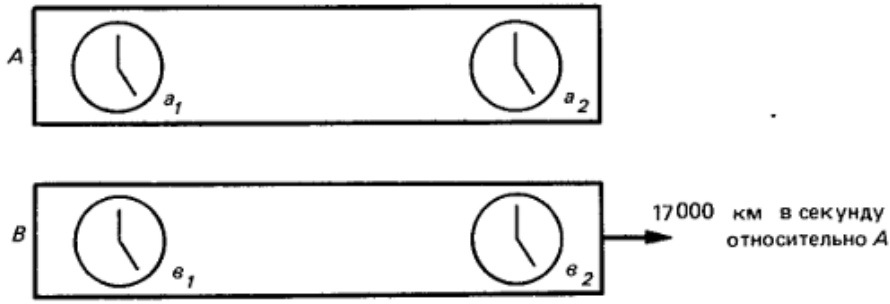
Человек менее гениальный, столкнувшись с подобным крайне неприятным следствием двух, казалось бы, безобидных постулатов, немедленно отказался бы от какого-нибудь из них. Но Эйнштейн смело сохранил оба постулата, ведь они были ему нужны именно потому, что выражали самую суть проблемы. Само правдоподобие каждого из них, взятого в отдельности, обеспечивало его теории прочный фундамент. В столь сложной, полной неожиданностей области физики Эйнштейн не мог позволить себе возводить здание своей теории на зыбучем песке.

Теперь нам понятно, что Эйнштейн имел в виду под словом «противоречие». И все-таки это противоречие он определил как «лишь кажущееся», подразумевая под этим, что собирается каким-то образом его разрешить. Но как именно?

Мы подошли к критическому моменту в наших рассуждениях. Совершенно очевидно, что для выхода из создавшегося положения требовались какие-то радикальные средства. Идея, которая осенила Эйнштейна в то знаменательное утро, состояла в необходимости отказа от привычного, заботливо взлелеянного многими поколениями представления о времени.

Чтобы понять революционную идею Эйнштейна о времени,

вернемся к нашим кораблям A и B и дадим их капитанам новое задание. Предположим, что на борту этих кораблей установлено по две пары точнейших часов a_1, a_2, b_1 и b_2 так, как это изображено на рисунке. Для удобства условимся, что длина кораблей составляет миллионы км — тогда мы сможем говорить о минутах, а не о миллиардных долях секунды.



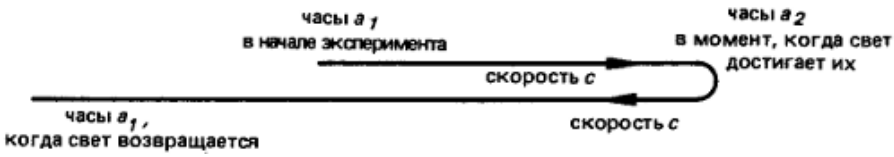
А посылает импульс света от a_1 к a_2, откуда свет немедленно отражается назад к a_1. Свет покидает a_1, когда стрелки часов a_1 показывают полдень, и достигает a_2, когда стрелки a_2 показывают 3 минуты первого. Из этого мы не можем с уверенностью заключить, что свету понадобилось 3 минуты, чтобы пройти путь от a_1 до a_2: а вдруг, к примеру, работник, устанавливавший часы, нечаянно передвинул стрелки? Как же сделать так, чтобы часы a_2 шли синхронно с часами a_1? Давайте рассмотрим этот дважды пройденный путь. Предположим, что свет покидает a_1, когда стрелки этих часов показывают полдень, достигает a_2, когда a_2 показывают 3 минуты первого, и возвращается к a_1, когда на a_1 — 4 минуты первого. Мы немедленно заподозрили бы что-то неладное. Часы утверждают, что свету понадобилось 3 минуты, чтобы пройти расстояние от a_1 до a_2, и всего 1 минута на обратный путь от a_2 к a_1. Тогда мы поступим самым простым и очевидным образом: передвинем минутную стрелку a_2 на одно деление назад. Проведем эксперимент вновь — часы покажут, что свету понадобится 2 минуты на путь от a_1 до a_2 и 2 минуты на обратный путь от a_2 до a_1. Поскольку мы уже убедились, что нам и на пути туда, и на пути обратно нужна одна и та же скорость света c, мы согласились бы с Эйнштейном, что ход часов a_1 и a_2 синхронизирован. И если чуть позднее что-либо приключится в a_1, когда стрелки a_1 будут показывать 4:30, а еще что-нибудь произойдет в a_2, когда на a_2 будет также 4:30, мы согласимся с Эйнштейном, что эти два не связанных между собой события произошли одновременно.

Вполне возможно, что все это покажется довольно-таки бесцельным и, уж во всяком случае, вполне очевидным, так что упоминавшаяся уже зевота может напасть на вас именно здесь.

Но, как уже говорилось, красота рассуждений Эйнштейна в том, что он оперирует понятиями, кажущаяся приемлемость которых обманчива. Пока мы вежливо сдерживаем зевки, незаметно для самих себя мы оказываемся перед ошеломляющими по своей неожиданности следствиями из принятых допущений.

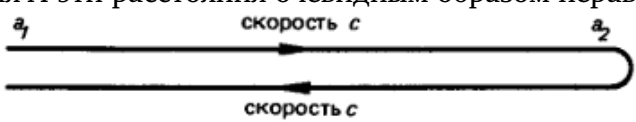
В то время как *A* синхронизирует ход своих часов a_1 и a_2, следуя указанному Эйнштейном методу, *B* наблюдает за ним в крайнем изумлении. Ведь *A* движется относительно *B* влево со скоростью 17 000 км в секунду. Таким образом, хотя *A* утверждает, что его световой импульс проходит равные расстояния туда и обратно,

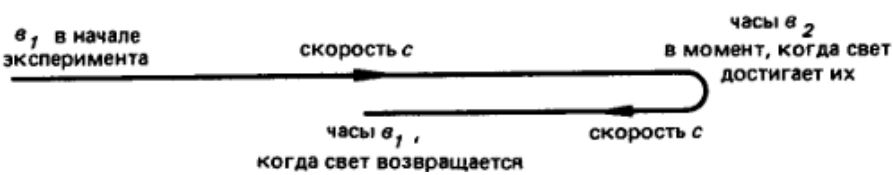
для *B* эти расстояния очевидным образом неравны.



Что же должен подумать *B?* К какому выводу он должен прийти? Вот к какому: поскольку расстояния туда и обратно *неравны,* то тот факт, что свет проходит эти пути за равные промежутки времени согласно часам a_1 и a_2, является для *B* доказательством *асинхронного* хода этих часов.

Естественно, когда *B* сообщает об этом *A,* тот приходит в замешательство и просит *B* синхронизировать ход часов b_1 и b_2 по уже известному методу Эйнштейна. *B* так и делает, и теперь уже *A* берет немедленный реванш. Ведь *B* движется относительно *A* вправо со скоростью 17 000 км в секунду, и, хотя *B* утверждает, что его световой импульс проходит равные расстояния туда и обратно, для *A* эти расстояния очевидным образом неравны.





Итак, *A* говорит, что часы a_1 и a_2 идут синхронно, а *B* считает, что это не так. В то же время *B* утверждает, что часы b_1 и b_2

синхронны, но *A* это отрицает. Значит, если *A* скажет, что события, которые имеют место в a_1 и a_2, происходят одновременно, *B* будет это оспаривать. И соответственно наоборот.

На чьей же мы стороне: на стороне *A* или на стороне Первый постулат Эйнштейна, т. е. принцип относительности, ставит *A* и *B* в равные условия. Таким образом, мы должны вместе с Эйнштейном прийти к выводу, что правы оба.

И тут гениальный ученый делает решающий ход. Для Эйнштейна расхождение в мнениях между *A* и *B* не малосерьезный спор из-за пустяков, а нечто характерное для самого понятия «время». На наших глазах вдребезги разбито ньютоновское представление об универсальном времени и соответственно об универсальной одновременности событий, так хорошо укладывавшееся в рамки здравого смысла. Согласно Эйнштейну, природа времени такова, что одновременность не связанных между собой событий относительна. События, одновременные с точки зрения *A*, вообще говоря, не одновременны для *B*. Точно так же события, представляющиеся одновременными *B*, вообще говоря, не одновременны для *A*. Как бы ни шокировал нас этот вывод, придется с ним примириться, как, впрочем, и со многими последующими потрясениями. Ведь время относится к фундаментальным понятиям, и коренное изменение нашего представления о нем разрушает все здание теоретической физики, как карточный домик. И в этом крахе не уцелеет почти ничего.

Возьмем, к примеру, другую незыблемую основу теоретической физики — понятие длины. Представим себе стержень, который движется мимо наблюдателей *A и B*. Для того чтобы измерить длину этого стержня, *A* отмечает в какой-то определенный момент, иначе говоря, одновременно положение обоих концов стержня. То же самое делает *B*. Но поскольку по поводу одновременности между *A* и *B* имеются разногласия, Л будет утверждать, что *B* отметил положения концов стержня в разные моменты времени и, таким образом, измеренная им длина не является истинной. То же самое скажет *B* об измерении, проведенном *A*. И вообще *A к B* получат различные значения измеренной таким образом длины.

Из этого следует, что так как одновременность относительна, то относительно и расстояние. И, видимо, эту «эпидемию относительности» остановить невозможно. Скорость, ускорение, сила, энергия — все эти понятия (и не только они) зависят от времени и расстояния; таким образом, изменилась сама структура физики.

Что же можно сказать о связи между измерениями времени и пространства, которые были проведены *A* и независимо от него *B* или любыми другими наблюдателями, находящимися на борту кораблей, совершающих равномерное относительное движение? Эйнштейн пытался найти несложное математическое выражение, выводимое из обоих принципов и связывающее их между собой. Избрав этот путь, он пришел не к чему иному, как к преобразованию Лоренца, которое почти наверняка до тех пор не было ему известно.

Вооружившись этим преобразованием, Эйнштейн сделал дальнейшие выводы. Два его принципа могут на первый взгляд показаться безобидными, но логические следствия из них зачастую бросают вызов здравому смыслу. Например, как показал Эйнштейн, *A* обнаруживает, что часы *B* идут медленнее, чем его собственные. Придя в себя от изумления — ибо разве не все часы одинаково надежны? — мы вправе будем ожидать, что часы *A* покажутся *B* идущими быстрее, чем часы на его корабле. Однако не тут-то было. Каждый из капитанов определит, что на другом корабле часы идут медленнее.

Тут мы снова вспоминаем предположение Фитцджеральда и Лоренца о сокращении тел в направлении их движения через эфир. Эйнштейн получил точно такую же формулу для величины сокращения. Однако в теории Эйнштейна этот эффект носит взаимный, относительный характер: *A* определяет, что масштабы протяженности корабля *B* сокращены по сравнению с теми масштабами, которые имеются у него, в то время как *B* находит, что масштабы *A* короче, чем у него. Здесь, как нигде, нашла выражение смелость Эйнштейна. Достаточно сравнить его революционные идеи с выводами его старших коллег Лоренца и Пуанкаре. Все трое использовали преобразование Лоренца, а ведь в нем уже неявно содержались самые удивительные следствия. Однако, предлагая свою интерпретацию, ни Лоренц, ни Пуанкаре не осмелились с полным доверием отнестись к принципу относительности. Если *A* находился в состоянии покоя, то, по их утверждению, масштабы *B* были бы сокращены. Однако ничего не было сказано о том, что *B* найдет сокращенными масштабы *A*. По молчаливому согласию принималось, что *B* найдет масштабы *A* увеличенными. Что же касается скоростей фактического хода часов, то ничего подобного рассуждениям Эйнштейна по этому поводу не имело места.

Пуанкаре, один из величайших математиков своего времени, обладал тонкой философской интуицией. В своем основополагающем труде, опубликованном в 1905 г., Пуанкаре продемонстрировал виртуозное владение сложным

математическим аппаратом теории относительности. В течение многих лет он проповедовал, что природа физических понятий чисто условна. Он раньше других почувствовал, что принцип относительности, скорее всего, правилен. И все-таки, когда пришло время сделать решительный шаг, мужество изменило ему, и он остался в плену традиционного образа мышления и привычных представлений о пространстве и времени. И если это покажется удивительным, то лишь потому, что мы недооцениваем ту смелость, которая понадобилась Эйнштейну, чтобы выдвинуть принцип относительности в качестве аксиомы, сохранить веру в его правильность и тем самым изменить наши представления о времени и пространстве. Осуществляя эту революцию в физике, Эйнштейн находился под сильным влиянием идей Маха. Еще в студенческие годы Бессо привлек его внимание к книге Маха по критике механики Ньютона. Мах войдет в наш рассказ позднее, хотя энтузиазм, с которым Эйнштейн воспринял его философские идеи, длился недолго. Мах с глубоким скептицизмом относился к таким понятиям, как абсолютное пространство и абсолютное время, — так же, впрочем, как и к атомам. Грубо говоря, он рассматривал науку как нечто подобное тщательной каталогизации данных, и ему хотелось, чтобы все понятия могли быть четко определены с помощью специальных методов. Эйнштейновская трактовка понятия одновременности в свете специальных методов синхронизации ясно свидетельствует о влиянии Маха. Однако и другим ученым — среди них Пуанкаре — идеи Маха также были известны, и тем не менее именно Эйнштейн сделал решающий шаг вперед.

Во взаимном сокращении длин, как и во взаимном замедлении хода часов, нет противоречия. Это чем-то похоже на эффект перспективы. Например, если два человека одинакового роста разойдутся в разные стороны, а затем остановятся и оглянутся, то каждому из них покажется, что другой стал ниже ростом. Мы, взрослые люди, не удивляемся этому взаимному сокращению и не находим в нем противоречия по той простой причине, что привыкли к нему с детства.

Сказанное выше позволяет составить лишь самое поверхностное представление о революционном характере статьи Эйнштейна по теории относительности, опубликованной в 1905 г. После изложения теоретических основ Эйнштейн переходит к математической стороне дела, которая далее занимает в статье основное место. Эйнштейн показывает, каким образом в свете новых идей о пространстве и времени и связанного с ними пересмотра ньютоновской механики уравнения Максвелла все же согласуются с принципом относительности. Например, чем с

большей скоростью тело движется относительно экспериментатора, тем большей будет масса этого тела относительно того же экспериментатора. Характерно, что здесь Эйнштейн подводит нас к теоретическому предсказанию, которое может быть подвергнуто экспериментальной проверке. Он приводит формулы, описывающие движение электронов в электромагнитном поле с учетом релятивистского увеличения их масс по мере возрастания их скоростей относительно наблюдателя. Избрав иной путь, в 1904 г. Лоренц сделал, по сути, то же предсказание и успешно сравнил его с результатами, уже полученными ранее одним из экспериментаторов. Нас не должно смущать, что используемые Лоренцом й Эйнштейном формулы эквивалентны, ведь уже говорилось, что оба ученых опирались на одно и то же наследие — теорию Максвелла. Однако стоит отметить различие между этими двумя учеными. В 1906 г. все тот же экспериментатор опубликовал новые результаты и объявил их несовместимыми с предсказанием Лоренца и Эйнштейна и в то же время согласующимися с некоторыми конкурирующими теориями. Лоренца это явно лишило уверенности; Эйнштейн же остался невозмутим. Эти конкурирующие теории он не мог принять по эстетическим соображениям и поэтому без малейших колебаний предположил, что экспериментатор, очевидно, допустил ошибку. Проведенные другими экспериментаторами измерения показали впоследствии, что прав был Эйнштейн.

Было бы несправедливо завершить рассмотрение статьи Эйнштейна по теории относительности, не процитировав ее заключительных слов:

«В заключение я хотел бы сказать, что, работая над исследуемой здесь проблемой, я опирался на преданную помощь моего друга и коллеги М. Бессо и обязан ему несколькими предложениями».

Итак, мы рассмотрели четыре статьи, которые Эйнштейн предложил Габихту в обмен на его диссертацию. Экземпляры знаменитого 17-го тома «Annalen der Physik» с тремя из этих четырех работ стали бесценной библиографической редкостью, и библиотеки, которым посчастливилось ими обладать, зачастую держат их под замком. Подобный поток гениальных идей — три различные темы, разработанные с мастерством волшебника за столь короткий промежуток времени, делает 1905 г. памятным для человечества.

Тем не менее мы не можем поставить здесь точку. Для Эйнштейна 1905 г. еще не завершился. В конце сентября, через три месяца после появления статьи о теории относительности, он отправляет в «Annalen der Physik» еще одну статью,

опубликованную в ноябре. Она занимает три печатные страницы. Воспользовавшись уравнениями электромагнетизма из предыдущей статьи, Эйнштейн вычислил, что если тело выделяет некоторое количество E энергии *в виде света*[15], то его масса уменьшается на величину E/c^2.

Со свойственным ему инстинктивным чувством единства всего сущего Эйнштейн роняет вскользь необычайное по своей проницательности и решающее по своему значению замечание: то, что энергия выступает в виде света, «очевидно, несущественно». Таким образом, он провозглашает общий закон о том, что, если тело выделяет или поглощает некоторое количество E энергии *произвольного вида,* его масса соответственно уменьшается или возрастает на величину E/c^2.

Значение c весьма велико, и это надо учитывать. Тогда, по формуле Эйнштейна, лампа мощностью 100 вт, излучая свет в течение 100 лет, отдаст за все это время такое количество энергии, которой будет соответствовать масса, меньшая миллиардной доли грамма. А вот радий — элемент радиоактивный — выделяет относительно много энергии, и Эйнштейн предположил, что этим можно воспользоваться для проверки его теории.

В той же статье все в том же 1905 г. Эйнштейн утверждает, что энергия любого вида обладает массой. Даже ему понадобилось еще два года, чтобы сделать огромной важности вывод о том, что и обратное должно быть верно, т. е. что всякая масса должна обладать энергией. К этому заключению его привели эстетические соображения. С какой стати должны различаться две разновидности масс: та, которой тело уже обладает, и та, которую оно теряет при выделении энергии? Не подкрепленное сколько-нибудь вескими основаниями допущение о существовании масс двух разных типов, в то время как вполне хватило бы одного, неминуемо вступило бы в противоречие и с эстетическими, и с чисто логическими критериями. Следовательно, всякая масса должна обладать энергией.

Итак, масса и энергия эквивалентны. На этом основании Эйнштейну удалось вывести ставшее знаменитым уравнение $E = mc^2$. Он сделал это в 1907 г. в большой статье в основном разъяснительного характера, опубликованной в «Jahrbuch der Radioaktivität». Постарайтесь представить себе всю дерзость этого вывода: ведь теперь каждый клочок земли, каждое перышко, каждая пылинка становятся громадным резервуаром заключенной в них энергии. В то время не было возможности подтвердить это практически. Тем не менее еще в 1907 г. Эйнштейн отзывался об этом уравнении как о наиболее важном следствии, вытекающем

из его теории относительности. Этот факт подтверждает необычайную способность Эйнштейна к научному предвидению. Дело в том, что для количественной проверки этого уравнения потребовалось двадцать пять лет, а реализация лабораторного эксперимента была сопряжена с немалыми трудностями. Вывод формулы $E = mc^2$ был в значительной степени обусловлен эстетическими соображениями. Применение ее на практике повлекло за собой трагические последствия. Но этого Эйнштейн не мог предвидеть.

В трех последних главах мы рассказали о том, как расцветал в знаменательном 1905 г. гений Эйнштейна. Первого апреля 1906 г. Эйнштейн получил повышение по службе в Бюро патентов и был назначен техническим экспертом второго класса.

7. ОТ БЕРНА ДО БЕРЛИНА

Иногда революционные идеи быстро находят своих последователей. Статья по теории относительности поступила в «Annalen der Physik» в конце июня 1905 г. и была опубликована 26 сентября. А в ноябре 1905 г. о ней уже благосклонно отозвался некий выдающийся ученый. В своей автобиографии он писал, что работа Эйнштейна сразу же привлекла его внимание и возбудила энтузиазм.

Кто же был этот ученый? Пуанкаре? Нет. Тогда, конечно, Лоренц? Но вы опять ошиблись, не он. Это был Планк — тот самый Планк, которому, как и большинству физиков, пришлась не по душе идея кванта света. В его выступлении на Берлинском физическом коллоквиуме была высказана благоприятная оценка работы Эйнштейна. Но это не все. Планк сразу же приступил к развитию теории относительности. Его статьи на эту тему были опубликованы в 1906 и 1907 гг., и в них он одобрительно ссылался на Эйнштейна. Более того, он использовал свое огромное влияние для того, чтобы побудить других ученых познакомиться с новыми идеями. Он написал теплое письмо Эйнштейну, обращаясь к нему как к равному. Вот несколько отрывков из длинного письма, которое Планк написал Эйнштейну 6 июля 1907 г.

«Г-н Бухерер [чьи эксперименты существенно поддержали теорию относительности] уже писал мне о своем резко отрицательном отношении к последней моей работе [по относительности]… Поэтому для меня особенно утешительно… что Вы сейчас не придерживаетесь его мнения. До тех пор пока энтузиасты принципа относительности столь немногочисленны, как это имеет место сейчас, согласие их между собой становится особенно важным… Я, вероятно, отправлюсь в будущем году в горы в окрестностях Берна. Пусть это произойдет еще не скоро, но сама мысль об удовольствии лично с Вами познакомиться делает меня счастливым».

Лоренц не полностью разделял революционные идеи Эйнштейна о пространстве и времени: высоко отзываясь о них в последующие годы, он не всегда мог скрыть свое сожаление об утраченном эфире. Что же касается Пуанкаре, то вообще трудно сказать, оценивал ли он когда-либо по достоинству революционную природу релятивистских концепций Эйнштейна. В опубликованных работах Пуанкаре почти никогда не ссылался на Эйнштейна, а Эйнштейн в свою очередь почти никогда не упоминал Пуанкаре — хотя возможностей у обоих было

предостаточно.

Ассистент Планка Макс фон Лауэ обратился к Эйнштейну с просьбой встретиться с ним в Берне летом 1906 г. Представляется (хотя и нельзя утверждать это со всей определенностью), что Лауэ машинально решил, будто бы Эйнштейн работает в Бернском университете. Конечно же, Лауэ был крайне удивлен, обнаружив, что человек, постигший свойства пространства и времени и высказавший о них столь поразившие Планка мысли, всего лишь простой служащий, которого Лауэ едва удостоил взглядом, когда разыскивал Эйнштейна в Бюро патентов. Их встреча положила начало дружбе на всю жизнь, и Лауэ, ставший позднее Нобелевским лауреатом, написал в 1911 г. первую монографию по теории относительности.

А Эйнштейн, не дожидаясь всеобщего признания своей работы, продолжал выпускать научные статьи, в которых развивал свои идеи о квантах, броуновском движении и относительности. Не надо забывать, что памятный 1905 г. еще не закончился: в декабре Эйнштейн послал в «Annalen der Physik» вторую работу о броуновском движении. Она была опубликована в 1906 г. А в 1907 г., как мы уже знаем, он окончательно сформулировал эквивалентность массы и энергии, что нашло конкретное выражение в роковом уравнении $E = mc^2$. Мы еще не упомянули, что в той же самой статье Эйнштейн сделал первый шаг на том пути, который через много лег привел его к созданию одного из величайших шедевров науки — общей теории относительности. Одного этого было бы достаточно, чтобы 1907 г. вошел в историю науки. Однако в этом же году Эйнштейн неожиданно приобретает главного своего союзника — немецкого математика Германа Минковского, профессора прославленного Геттингенского университета в Германии. В декабре 1907 г. Минковский сделал выдающийся вклад в теорию относительности.

Мы подробно остановимся на этих достижениях и Эйнштейна, и Минковского в 1907 г., но не в хронологическом порядке, а там, где это будет уместно с точки зрения логики повествования. Пока же заметим, что Минковский был профессором математики в Цюрихском политехникуме именно тогда, когда Эйнштейн там учился, причем последний крайне не регулярно посещал лекции Минковского, за что тот считал Эйнштейна лодырем.

Не все приняли теорию относительности с энтузиазмом. Даже благосклонно настроенным по отношению к ней физикам нелегко было понять и оценить новые идеи о пространстве и времени. Так что по мере распространения слуха о том, что предложил Эйнштейн, многие люди — и физики, и философы, и

неспециалисты — принялись резко осуждать его идеи. Однако — и это чрезвычайно важно — все больше и больше выдающихся ученых приходили к тому, чтобы принять их.

И хотя Эйнштейн начал уже пользоваться некоторой славой среди ученых, он все еще оставался в Берне и испытывал немалые трудности, совмещая напряженную научную деятельность с ежедневной восьмичасовой работой в Бюро патентов. Сложившиеся в конце 1907 г. благоприятные обстоятельства вновь натолкнули его на мысль о занятии должности приват-доцента, с тем чтобы иметь возможность стать когда-нибудь профессором. А так как для этого нужно было подать конкурсную работу, он отослал в Бернский университет свою статью 1905 г. по теории относительности.

Работу не приняли, причем в качестве одной из причин была названа ее непонятность. С вполне естественным огорчением Эйнштейн отказался от попыток получить место преподавателя в университете. 3 января 1908 г. Эйнштейн написал об этом своему другу Марселю Гроссману — тот, несмотря на очень молодые годы, уже был профессором математики в Цюрихском политехникуме: «Рискуя показаться тебе смешным, я все же должен обратиться к тебе за практическим советом. Я готов предпринять активную попытку получить место преподавателя (математики и физики) в техникуме в Винтертуре. Приятель, который преподает там, сообщил мне под строжайшим секретом, что, вероятно, там скоро откроется вакансия. Не думай, что мною движет мания величия или какая-либо другая страсть, скорее, причиной тому — мое страстное желание продолжать свою индивидуальную научную работу в не столь неблагоприятных условиях, уж это-то ты, безусловно, поймешь.

„Но почему же он хочет ухватиться именно за эту работу?“ — подумаешь ты. Причиной тому — моя уверенность, что тут у меня есть наилучший шанс, так как:

1. Я уже однажды замещал там преподавателя в течение нескольких месяцев.

2. Я в приятельских отношениях с одним из тамошних преподавателей.

А теперь я спрошу тебя: как мне быть? Следует ли мне нанести визит, чтобы продемонстрировать свои высокие преподавательские способности и доказать, что я — достойный гражданин? Кого именно следовало бы повидать? Не произведу ли я плохое впечатление (не говорю на швейцарском диалекте немецкого языка, еврей и т. д.)? Более того, стоит ли в таком разговоре хвалиться своей научной работой?»

Эйнштейн активно искал и другие возможности. В январе

того же года он подает заявление на вакантное место преподавателя математики в Цюрихской кантональной гимназии. Однако это место ему не понадобилось: кажется, судьба потихоньку становилась к нему более благосклонной. 28 января профессор Альфред Клейнер (не без его участия сначала была отклонена, а затем одобрена работа, которую Эйнштейн подавал в Цюрихский университет на соискание степени доктора философии) послал Эйнштейну загадочную открытку, выразив свое пожелание связаться с ним по важному для них обоих вопросу.

Пытаясь привлечь Эйнштейна в Цюрихский университет на должность профессора, Клейнер настоятельно просил его не только вновь попытаться стать приват-доцентом Бернского университета, но и ставить его, Клейнера, в известность обо всех предпринимаемых действиях с тем, чтобы в случае неудачи тот мог обдумать, как помочь Эйнштейну обойти все трудности получения места профессора.

Эйнштейн предпринял еще одну попытку. На этот раз все обстояло лучше, и в 1908 г. он стал приват-доцентом Бернского университета. Правда, поначалу это не принесло ожидаемых перемен к лучшему. Он по-прежнему отрабатывал положенные ему часы в Бюро патентов, а в дополнение теперь еще и читал лекции в университете. Приват-доцентам повсюду — не только в Берне — не было положено жалованье. Посещение лекций было платным, и внесенные студентами деньги шли лектору. Профессора, хотя и получали жалованье, оставляли за собой чтение хорошо посещавшихся обязательных курсов лекций и тем самым увеличивали свои доходы. Приват-доцентам же доставались обычно спецкурсы, которые привлекали лишь немногих студентов и приносили сущие гроши. Доходы Эйнштейна от чтения лекций в Бернском университете были мизерными. Лишь Бессо да еще один-два студента были его постоянными слушателями.

В те дни Эйнштейн был не слишком хорошим лектором. Его голова была занята более важными вещами. Но если он собирался получить когда-либо место профессора, ему предстояло пройти через все обряды посвящения в члены ученого племени. Это вызывало у него неудовольствие и даже протест. Хотя и внешний вид, и манера поведения Эйнштейна очень мало соответствовали академическим нормам, он не пытался что-либо изменить. Сестра Эйнштейна, Майя, вспоминает об одном эпизоде. В нем отражается то впечатление, которое Эйнштейн производил на окружающих. Она училась в Бернском университете и как-то решила посетить лекцию Эйнштейна. Майя спросила у служителя,

в какой аудитории читает лекцию ее брат, доктор Эйнштейн. Видя перед собой элегантную молодую особу, служитель выпалил в крайнем изумлении: «Что? Этот… парень Ваш брат?» А когда Клейнер посетил без предупреждения лекцию своего протеже и после этого раскритиковал его преподавательские способности, Эйнштейн ответил: «А мне и не нужно место профессора в Цюрихе».

Весной 1909 г. пришло наконец официальное решение об учреждении с осени того же года в Цюрихском университете новой должности экстраординарного профессора кафедры теоретической физики. Член Совета Эрнст настаивал на назначении Фридриха Адлера, с которым Эйнштейн был в приятельских отношениях. Адлер действительно был серьезным соперником, ибо его отец, основатель Австрийской социал-демократической партии, обладал значительным весом в политических кругах. Однако его сын — человек возвышенных идеалов — настоял на снятии своей кандидатуры в пользу Эйнштейна. При этом он просил министерство просвещения отвлечься от политических соображений и принять во внимание выдающиеся научные достижения Эйнштейна, намного превосходящие его собственные. Его доводы оказались настолько красноречивыми, что Эрнсту не удалось настоять на назначении Адлера. Вот так в результате бескорыстного поступка Адлера 7 мая 1909 г. Эйнштейн был избран на должность профессора. Ему было тридцать лет.

В связи с этим вспоминается эпизод из жизни Ньютона. В 1669 г., когда Ньютону шел двадцать седьмой год, его наставник Исаак Барроу отказался от места профессора Кембриджского университета в пользу Ньютона. Однако в целом судьбы Адлера и Барроу сложились по-разному. Барроу углубился в проблемы теологии. А Адлер все больше и больше отдавался политике, и в 1916 г. тот же его идеализм, усиленный ужасами первой мировой войны, побудил Адлера совершить покушение на премьер-министра Австрии, за что он, впрочем, получил довольно мягкий приговор.

В 1909 г. Эйнштейн был слишком поглощен своими исследованиями, чтобы уделять сколько-нибудь пристальное внимание политике. 6 июля он подал в Бюро патентов прошение об отставке, которое было удовлетворено 15 октября 1909 г. В письме к Бессо в 1919 г. Эйнштейн тепло вспоминал работу в Бюро патентов, называя его «мирской кельей, святым местом, где зародились его самые прекрасные идеи, и им было так хорошо вместе». В Бюро патентов Эйнштейн провел магические 7 лет[16].

Физик и математик Минковский выступил 21 сентября

1908 г. на языке, понятном не только специалистам, с изложением своих идей об объединении пространства и времени в единое пространство — время на проходившем в Кельне LXXX конгрессе естествоиспытателей. Этот доклад вызвал сенсацию, отчасти из-за вступления: «Отныне пространство само по себе и время само по себе полностью уходят в царство теней, и лишь своего рода союз обоих этих понятий сохраняет самостоятельное существование». И если эти слова Минковского возбуждают наше любопытство — он достиг своей цели. Эти слова — прекрасное обобщение.

В ньютоновском представлении компактный и соразмерный, если можно так выразиться, мир существует в абсолютном пространстве и абсолютном времени. Эйнштейн нарушил эту картину, утверждая, что для разных наблюдателей, находящихся в равномерном движении, существуют разные системы установления синхронности. А так как их меры длины также подвергаются изменениям[17], то можно сказать, что у разных наблюдателей имеются разные индивидуальные системы отсчета времени и пространства. И всё же, несмотря на эти несовпадения, у наблюдателей много общего. Например, значение скорости света — константа с. А главное — они живут в одной и той же Вселенной.

Последнее звучит совсем уж банально. Однако именно это вводит нас в суть дела. Ведь индивидуальные системы отсчета пространства и времени различных наблюдателей существуют не сами по себе. Как показал Минковский, в теории относительности все они принадлежат единственной универсальной области, которая всем равно принадлежит и представляет собой конгломерат пространства и времени. Последний называется *пространство — время.* Как же получают разные наблюдатели свои индивидуальные пространство и время? Тем или иным способом отделяя от этого конгломерата пространство — время свое пространство и свое время. Поиск разными наблюдателями индивидуального пространства немного напоминает мысленное разрезание ими общего куска сыра. Но именно четырехмерного куска сыра. Пространство — время имеет четыре измерения. Время выступает в качестве одного из измерений более или менее наравне с тремя измерениями пространства.

Все вышесказанное способно озадачить читателя. Попробуем же снять покров таинственности. Во-первых, не пытайтесь зрительно представить себе четырехмерное пространство — время. Это совершенно невозможно. Ни Эйнштейну, ни Минковскому это было не под силу. Ученые обычно имеют дело с математическими аналогиями, и, хотя это позволяет им с

необычайной виртуозностью обсуждать все, связанное с четырехмерным пространством — временем, они все-таки не в состоянии зрительно представить его себе.

На листе миллиметровки положение точки определяется двумя числами. Поэтому можно сказать, что поверхность листа миллиметровки имеет два измерения. В комнате для этого нужны уже три числа, описывающие, например, расстояние точки от пола и от двух стен. Таким образом, мы говорим, что пространство имеет три измерения. Но если говорить не о точках, а о точках в определенный момент времени, необходимы уже четыре числа — три для описания положения в пространстве и одно — для времени. В этом смысле мир четырехмерный.

Ну, скажете вы с облегчением, если это все, то вселенная Ньютона была четырехмерной. В каком-то смысле да. Но поскольку абсолютное время было отделено от абсолютного пространства (не считая того, что абсолютное пространство существовало все время), то ньютоновская вселенная представляется часто имеющей 3 + 1, а не 4 измерения. Этого нельзя сказать о пространстве — времени в теории относительности, ибо в ней пространство и время так тесно переплетены, что без термина «четырехмерный» просто не обойтись.

Поразмыслим над четырехмерностью чуть поглубже. Для этого вернемся к нашим космическим кораблям и их капитанам *A* и *B*. Представим себе, что *B* печатает отчет о своем полете. Он ударяет по клавише *t*, а затем — по клавише *h*. Эти два события — два удара по клавишам — разделены в пространстве расстоянием около сантиметра; и во времени промежутком ровно в полсекунды — с точки зрения капитана *B,* но не *A*. За полсекунды *B* пролетает 5000 км относительно *A*. Поэтому для *B* расстояние между двумя событиями представляется большим сантиметра, который разделяет эти события для *B*. Кажется, в рассматриваемом случае *A и B* так и не удастся найти какую-либо общую численную меру, приложимую к этим событиям. В самом деле, с учетом отставания часов разрыв между двумя событиями окажется для *A* несколько большим, нежели полсекунды, и, стало быть, *у A и B* не будут совпадать не только расстояние, но и время между событиями.

Пусть тем не менее каждый наблюдатель проделает следующее. Прежде всего преобразует временной интервал в расстояние. Как? Очень просто. Вычислив то расстояние, которое свет (все согласны, что скорость его равна *c*) пройдет за это время. Для удобства дадим вычисленному значению название *время — расстояние* между событиями, а пространственное

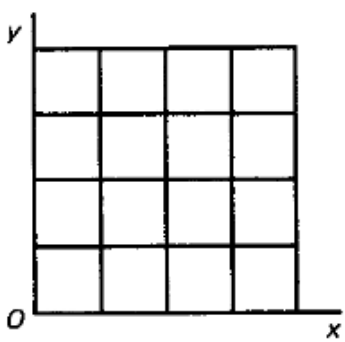
расстояние между ними будем называть *пространство — расстояние.*

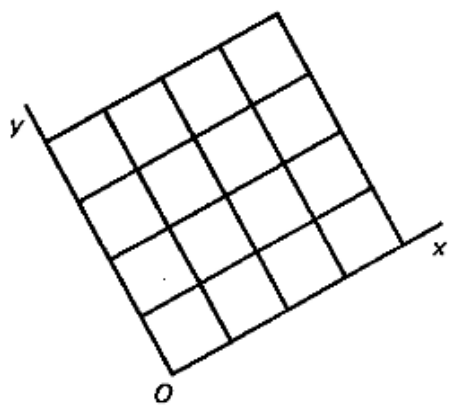
Запомним: *A* и *B* резко расходятся в мнениях по поводу пространства — расстояния, а также по поводу времени — расстояния, разделяющих два события. А теперь пусть *A* и *B* вычислят значение

(пространство — *расстояние)*^{2} — *(время — расстояние*)^2.

Проделав это, они получат в соответствии с уравнениями теории относительности один и тот же результат — впрочем, к нему придет и любой другой наблюдатель, находящийся в состоянии равномерного прямолинейного движения.

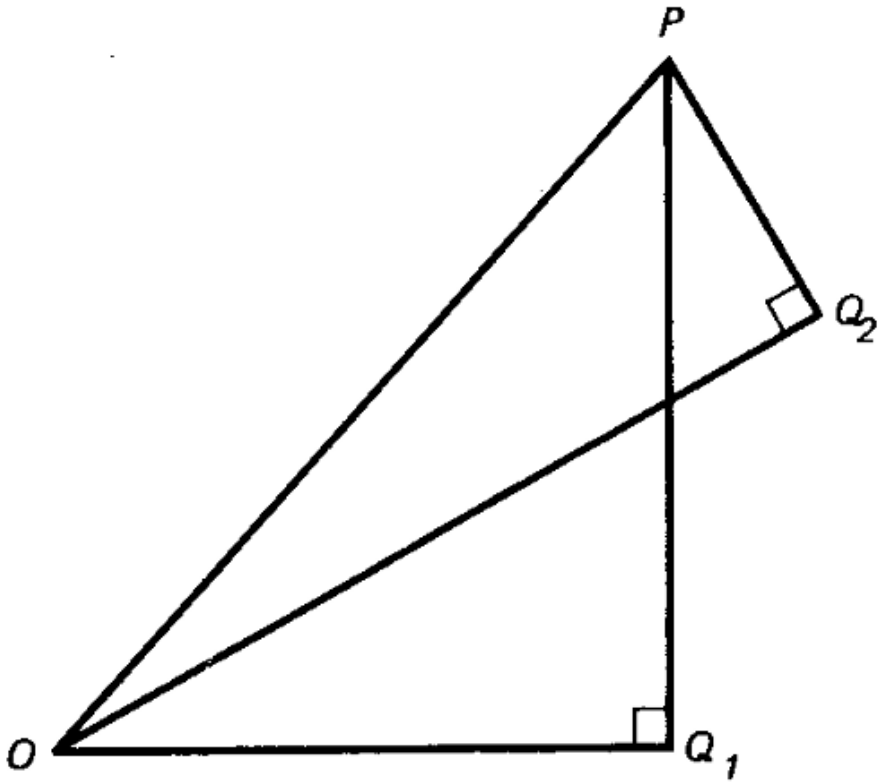
В ньютоновской механике пространства — расстояния между двумя событиями были бы разными. Равны были бы время — расстояния. Но с релятивистской точки зрения лишь приведенное выше объединение их в одной формуле имеет одно и то же значение для всех наблюдателей. Это уже достаточно примечательно. А теперь давайте вспомним теорему Пифагора, которая так поразила Эйнштейна в детстве. Представим себе двух человек *C* и *D*), независимо друг от друга накладывающих на эту страницу листы миллиметровки так, чтобы они не совпадали (слева показано расположение клеток для *C*, а справа — для *D)*.





Рассмотрим расстояния между *двумя точками O* и *P* в координатах *x* и y. На графике, выбранном *C*, эти расстояния будут равны OQ_1 и Q_1P; на графике *D* — OQ_2 и Q_2P. Очевидно, для *C* и *D* расстояния в их системах координат будут разными. Но, поскольку углы в точках Q_1 и Q_2 — прямые, из теоремы Пифагора явствует, что сумма квадратов прилегающих к ним сторон треугольников OQ_1P и OQ_2P одинакова и равна OP^2. Так что, несмотря на все разногласия, *C* и *D*) получат одно и то же значение для величины

(расстояние по оси x)^2 + *(расстояние по оси y)*^{2}.

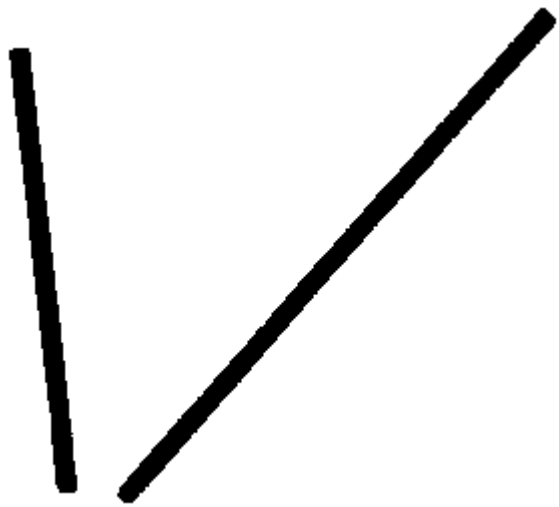


Отметим, что, за исключением знака «плюс» в этой формуле и «минус» в приведенной выше, данная формула абсолютно ничем не отличается от релятивистской формулы для пространства — расстояния и времени — расстояния. На самом деле можно даже (если очень уж захочется) с помощью так называемой «мнимой» величины √-1 заменить в релятивистской формуле «минус» на «плюс».

Минковскому было известно, что эта поразительная математическая аналогия (но не интерпретация ее Эйнштейном) уже была отмечена и использована Пуанкаре в его основополагающей работе 1905 г. Именно в силу этой аналогии возникает искушение рассматривать время как четвертое измерение, которое, будучи выражено в единицах длины, более или менее равноправно сочетается с тремя измерениями пространства, дабы образовать единый конгломерат — четырехмерное пространство — время. Действительно, невозможно удержаться от этого соблазнительного пути, несмотря на то что четырехмерное пространство — время нельзя нарисовать в своем воображении.

Представим себе, что знак препинания — точка в конце этого предложения — представляет собой точку в пространстве — времени. Мы склонны считать ее просто точкой, но она длится,

существует во времени и не исчезает мгновенно. Таким образом, эта точка тянется в пространстве — времени как нить — так называемая *мировая линия.* Представим себе для наглядности, что временное измерение пространства изображается на этой странице направлением сверху вниз. Тогда, например, две мировые линии типа изображенных ниже должны будут означать две приближающиеся друг к другу точки, а наше «сейчас» должно быть чисто умозрительно представлено в виде неуклонно спускающейся по странице линии. Но сами по себе мировые линии не движутся, ибо в пространстве — времени и прошлое, и настоящее, и будущее простираются перед нами, столь же неподвижные, как слова в книге.



Минковский на этом не остановился. Он пошел дальше и показал, что если, например, включить уравнения Максвелла в контекст пространства — времени, то они станут чрезвычайно простыми и унифицированными — прямо как будто эти уравнения и пространство — время созданы друг для друга.

Вот сжатое изложение того, что имел в виду Минковский, когда он в 1908 г. энергично заявил на Конгрессе естествоиспытателей, что «пространство само по себе и время само по себе полностью уходят в царство теней, и лишь своего рода союз обоих этих понятий сохраняет самостоятельное существование». Он был бы совершенно прав, если бы добавил, что то же самое может быть сказано (причем более убедительно, чем когда-либо раньше) об электричестве и магнетизме.

Следующий, LXXXI Конгресс естествоиспытателей состоялся в 1909 г. в Зальцбурге. Принимая во внимание лестные отзывы столь выдающегося ученого, как Минковский, не удивительно,

что на этот раз пригласили и Эйнштейна. 29 сентября 1909 г., ровно через год после выступления Минковского, Эйнштейн сделал доклад «О развитии наших взглядов на сущность и структуру излучения». Тема доклада охватывала и теорию относительности, и кванты.

Среди присутствовавших в аудитории было несколько всемирно известных физиков. Оценивая свое выступление исключительно как научную работу, Эйнштейн был самокритичен. В письме своему сотруднику он писал, что значение этого доклада было невелико, так как в нем не содержалось ничего нового. Но это не совсем так. Эйнштейн был чрезмерно скромен. А ведь для многих слушателей его слова были откровением. Не то чтобы присутствовавшие все сказанное им восприняли или хотя бы полностью поняли, но им по крайней мере довелось увидеть перед собой и оценить человека, о котором они знали понаслышке. Аудитории понадобилось совсем немного времени, чтобы удостовериться, что Эйнштейн — настоящий ученый. Не меньшее значение это выступление имело для самого Эйнштейна. Ведь годами он работал вдали от научных центров, находясь как бы в изгнании. Ему было страшно любопытно узнать, какие они — великие физики — в личном общении. Не меньшее любопытство испытывали и сами великие физики по отношению к Эйнштейну. Его уверенность в себе нисколько не пострадала, когда он убедился, что ему легко в их обществе. Более того, там он впервые встретил Планка. К тому же он завязал личное знакомство со многими учеными, а с некоторыми подружился и многие годы вел с ними интенсивную переписку.

В следующем месяце состоялось вступление Эйнштейна в должность профессора Цюрихского университета — так был сделан огромный шаг в его карьере. Отныне у Эйнштейна — как бы в вознаграждение за слишком уж неблагоприятное начало — будет все меньше оснований проявлять беспокойство по этому поводу. Эйнштейн был рад вновь оказаться среди своих старых друзей в Цюрихе — городе, о котором он сохранил столько воспоминаний еще со студенческих лет. Но его пребывание в Цюрихе было недолгим. В 1911 г., несмотря на некоторые трудности, Эйнштейну предложили пост штатного профессора Немецкого университета в Праге, ректором которого был в свое время Мах. Когда Эйнштейна официально спрашивали о его вероисповедании, он обыкновенно отвечал, что не придерживается никакой религии. Но на этот раз, повторив свой ответ, Эйнштейн узнал, что император Австро-Венгрии Франц-Иосиф (он утверждал все назначения такого рода) уже давно настаивал на том, чтобы профессора придерживались обязательно

какого-либо вероисповедания — ибо если они не верили в официально признанного бога, то как могли бы они давать клятву на верность?

В письме, написанном в 1929 г., он говорил о себе как об «ученике» Спинозы, для которого вся природа была бог. Незадолго до этого Эйнштейн получил из-за океана телеграмму, в которой его спрашивали, верит ли он в бога? В ответ он телеграфировал: «Я верю в бога Спинозы, который являет себя в гармонии сущего, но не в бога, который возится с поступками людей». Эйнштейн испытывал глубочайшее почтение к Спинозе. В 1932 г. он отверг предложение написать краткую статью о Спинозе, сказав, что это никому не под силу, ибо для такой работы требуются не только глубокие познания, но также «исключительная честность, сила воображения и скромность». В том же письме он пишет — и эта мысль еще прозвучит в книге, — что «Спиноза впервые вполне последовательно применил к мыслям, чувствам и действиям человека идею детерминистической ограниченности всего происходящего». В 1946 г. в одном из писем Эйнштейн отозвался о Спинозе как об «одной из глубочайших и чистейших душ». А через год, когда Эйнштейна попросили подытожить его взгляды по поводу веры во всевышнего, он ответил следующим образом (на английском языке): «Идея бога во плоти представляется мне антропологической, и принять ее всерьез я не могу. Я также не в состоянии вообразить себе существование вне человека некоей воли или цели. По своим взглядам я близок к Спинозе: восхищаюсь совершенством и верю в логическую простоту того порядка и той гармонии, которые мы способны смиренно познавать своим несовершенным разумом. Я полагаю, что нам следует довольствоваться своими несовершенными знаниями и рассматривать ценности и моральные обязательства как проблему чисто человеческую, причем из всех человеческих проблем — наиболее важную».

Может показаться, что приведенные высказывания Эйнштейна вполне исчерпывающим образом вскрывают его отношение к Спинозе. Однако это вовсе не так — многое вообще не нашло выражения. Так, слово «бог» Эйнштейн нередко употреблял в качестве метафоры, называя этим словом нечто трансцендентальное.

С Прагой связаны и другие знаменательные моменты. Биограф Эйнштейна Филипп Франк (он явился преемником Эйнштейна в Праге в должности профессора), рассказывает, что, давая присягу при вступлении в профессорскую должность, по протоколу требовалось надевать форменную одежду, — яркую,

отделанную золотым кантом. Она напоминала форму морского офицера. Эйнштейн — убежденный антимилитарист — надел-таки это нелепое одеяние. Надо добавить, что непременной принадлежностью парадного одеяния была шпага.

Именно в Праге Эйнштейн впервые встретился с уроженцем Вены учеником Больцмана Паулем Эренфестом. При посещении Праги Эренфест был приглашен погостить у Эйнштейна, так что хозяева всем семейством встречали гостя на вокзале. Оба физика сразу принялись оживленно и почти без перерыва обсуждать волновавшие их проблемы. Обсуждение затянулось на целых два дня, причем наряду с разговорами о физике звучала и музыка — это играли дуэтом скрипач Эйнштейн и пианист Эренфест. Эренфест записал в дневнике: «Да, мы станем друзьями. Ужасно счастлив». А Эйнштейн, вспоминая в 1934 г. этот визит Эренфеста, писал: «За несколько часов мы стали настоящими друзьями — как будто мы созданы природой друг для друга». Это было написано Эйнштейном в некрологе своему умершему другу.

Эйнштейн провел в Праге полтора года. Как и в Цюрихе, он совсем не был похож на профессора. В нём не было ни следа дутой гордости. Он не напускал на себя важности, не держался чопорно, не участвовал в обычных профессорских словопрениях о рангах.

В качестве своего преемника Эйнштейн предложил кандидатуру Эренфеста. Однако неожиданно Эренфест наотрез отказался признать, что исповедует иудейскую веру. Дело в том, что ранее, столкнувшись с действующим в Австро-Венгрии запретом на браки между евреями и христианами, Эренфест и его жена Татьяна (тоже физик) официально заявили, что не исповедуют никакой религии. В силу этого Эренфест не согласился отречься от своего предыдущего заявления, несмотря даже на уверения Эйнштейна, что это чистая формальность.

В 1911 г. в Праге в голове Эйнштейна постепенно складывалась общая теория относительности, а в 1912 г. он ввел фундаментальный квантовый закон фотохимических процессов. Этот закон был вскоре экспериментально подтвержден Эмилем Варбургом, работавшим в Берлине. В июне 1911 г. Эйнштейн получил приглашение участвовать осенью того же года в научной конференции, которую намечалось провести в Брюсселе. Речь шла о первой из целого ряда конференций, навечно связанных с именем учредившего и финансировавшего их бельгийского промышленника Эрнста Сольвея. Организатором конференции был немецкий физик Вальтер Нернст, берлинский коллега Планка. Поначалу Нернст весьма скептически отнесся к эйнштейновской квантовой теории тепловых колебаний атомов,

однако затем его скепсис сменился энтузиазмом. Приглашены были лишь избранные. В приглашении указывалось, что примененные в работах Планка и Эйнштейна кванты (все еще крайне подозрительная тогда идея квантов света даже не упоминалась) привели теоретическую физику к кризису. Основная цель Сольвеевского конгресса — собрать ведущих европейских физиков в надежде, что им удастся, работая в роскошных условиях в течение пяти дней и ни на что не отвлекаясь, излечить физику от недуга, вызванного квантами. В Конгрессе приняли участие 21 ученый. Председательствовал несравненный Лоренц. Тот факт, что на деле нельзя было не пригласить на Конгресс Эйнштейна, стал явным свидетельством его высокого авторитета среди ученых. Эйнштейна уже считали принадлежащим к научной элите.

Хотя высокоученые разговоры проходили оживленно и были продолжительными, обсуждавшиеся проблемы не раскрыли своих тайн. Отведенное на дискуссии время подошло к концу, а на Сольвеевском конгрессе так ничего вроде бы и не решили. Тем не менее ему суждено было войти в историю теоретической физики, ибо, помимо всего прочего, на этом Конгрессе загадочный квант приобрел такой статус, какого он никогда еще не имел. Даже Пуанкаре — человека, имеющего огромное влияние, — удалось убедить, что квант — нечто значительное. Это было лишь началом грядущего признания.

В ноябре 1911 г. Эйнштейн написал два письма своему близкому другу профессору Генриху Цангеру — директору Института судебной медицины Цюрихского университета. В этих письмах Эйнштейн делился впечатлениями о Конгрессе. Приведем несколько отрывков. Читая эти письма, не следует забывать, что они не предназначались для публикации.

«Лоренц председательствовал с несравненным тактом и невероятной виртуозностью. Он одинаково хорошо говорит на трех языках и обладает необычайной научной проницательностью. Мне удалось убедить Планка после многолетних усилий согласиться в основном с моими воззрениями. Он исключительно честный человек, скорее думающий о других, чем о себе… В Брюсселе было исключительно интересно. Кроме участников из Франции — Кюри, Ланжевена, Перрена и Пуанкаре — и из Германии — Нернста, Рубенса, Варбурга и Зоммерфельда, — на Конгрессе присутствовали Резерфорд и Джинс. А также, конечно, Г. А. Лоренц и Камерлинг-Оннес. Лоренц — это чудо интеллигентности и такта, живое произведение искусства!.. Пуанкаре занял позицию огульного отрицания [теории

относительности] и вообще проявил недостаточное понимание новой ситуации, Планк — в плену заведомо ложных предпосылок… но никому ничего не известно. В целом все это было бы наслаждением для дьявольских отцов-иезуитов».

Не успел Эйнштейн занять пост профессора в Праге, как Гроссман, немного позднее Цангер, а затем некоторые другие друзья Эйнштейна стали искать способ вернуть его назад в Цюрих, на этот раз в Политехникум. Для этого они обратились к виднейшим ученым с просьбой высказать свое мнение об Эйнштейне.

Вскоре после Сольвеевского конгресса Мария Кюри откликнулась на эту просьбу следующей яркой характеристикой Эйнштейна:

«Я искренне восхищалась работами, которые были опубликованы г-ном Эйнштейном по вопросам современной теоретической физики. Думаю, впрочем, что физико-математики единодушно признают, что это работы самого высокого класса. В Брюсселе на научном конгрессе, в котором участвовал и г-н Эйнштейн, я могла оценить ясность его ума, осведомленность и глубину знаний. Нам известно, что г-н Эйнштейн еще очень молод, но это и дает нам право возлагать на него самые большие надежды, видеть в нем одного из крупнейших теоретиков будущего. Я полагаю, что научное учреждение, которое создаст г-ну Эйнштейну необходимые условия для работы или предоставит кафедру на таких условиях, каких он заслуживает, сделает это к чести для себя и, несомненно, окажет большую услугу науке».

Среди тех, кто высказался в поддержку Эйнштейна, был Пуанкаре. Его письмо представляет особый интерес. Вот что он писал:

«Г-н Эйнштейн — один из самых оригинальных умов, которые я встречал. Несмотря на свою молодость, он уже занял весьма почетное место среди виднейших ученых нашего времени. Больше всего нас восхищает легкость, с какой он принимает новые концепции, и его умение делать из них всевозможные выводы. Он не держится за классические принципы и, если перед ним возникает физическая проблема, быстро рассматривает все варианты ее решения. В его мозгу это выливается в предвидение новых явлений, которые когда-нибудь можно будет проверить экспериментально. Я не утверждаю, что все его предсказания выдержат проверку опытом в тот день, когда такая проверка станет возможной. Поскольку он ведет поиск во всех направлениях, следует ожидать, что большинство путей, на которые он вступает, приведут в тупик, но надо надеяться, что хоть одно из указанных им направлений окажется правильным и

этого вполне достаточно. Именно так надо поступать. Задача математической физики и заключается в том, чтобы ставить вопросы; решить же их может только опыт».

В январе 1912 г. Эйнштейну предложили занять на 10 лет должность профессора в Цюрихском политехникуме. В то время он был нарасхват. В Праге он получил приглашение занять место профессора в Утрехте и Лейдене, причем в Лейдене — в качестве преемника Лоренца, который собирался уходить в отставку. Получил он приглашение и из Вены, причем там ему предложили поистине королевский оклад. Но сердцем Эйнштейн был в Цюрихе и дал согласие перейти туда. Летом 1912 г. он писал Цангеру, комментируя предложение из Вены: «Я отказался… Было бы крайне неблагородно с моей стороны „продавать“ себя таким образом за спиной других».

Итак, в октябре 1912 г. Эйнштейн, теперь уже профессор, возвратился в тот самый Цюрихский политехникум, где много лет назад он провалился на вступительных экзаменах и где позже безуспешно пытался получить работу. В следующей главе мы расскажем о той важной работе, которую вел в Политехникуме профессор Эйнштейн. После того как Лейденскому университету не удалось заполучить его к себе, Лоренц выбрал своим преемником Эренфеста.

Однако пребыванию Эйнштейна в Цюрихе суждено было стать непродолжительным. Планк и Нернст вынашивали планы добиться его переезда в Берлин. И летом 1913 г. они отправились в Цюрих, чтобы сделать Эйнштейну следующее предложение: он будет уже в тридцатилетием возрасте избран в прославленную Прусскую академию наук; как член Академии он будет получать специальное жалованье; ему будет присвоено звание профессора; он станет директором нового научно-исследовательского отдела Института кайзера Вильгельма; будет работать бок о бок с самыми выдающимися учеными Германии; более того, он сможет сам решать, заниматься ему преподаванием или нет, и, если пожелает, сможет все свое время и энергию отдавать научным исследованиям.

Таковы были условия этого предложения. Все говорило за то, что оно получит официальное одобрение. Но примет ли его Эйнштейн? Тщательно все обдумав, он решил, что не должен отказываться.

Не следует забывать, что, когда Планк и Нернст прилагали все усилия к тому, чтобы Эйнштейн оказался в Берлине, они еще не разделяли его квантовую теорию света, а он в свою очередь еще не сформулировал во всей полноте свою фундаментальную общую теорию относительности. Даже без этих двух выдающихся

работ они считали Эйнштейна величайшим ученым своего времени.

С помощью Нернста, Рубенса и Варбурга — ведущих берлинских ученых, членов Прусской академии наук (всех их Эйнштейн упоминал в письме Цангеру о Сольвеевском конгрессе) — Планк составил прошение в министерство образования; все четверо подписали этот длинный, написанный от руки документ. Документ представлял Эйнштейна как ученого, действительно достойного всевозможных почестей со стороны государства, несмотря даже на то, что имел швейцарское подданство, был евреем и категорически отказывался от принятия германского гражданства.

Эйнштейн испытывал некоторые опасения — будут ли у него и впредь появляться, как бы по заказу, новые идеи. Он даже сравнивал себя с курицей, от которой ожидают яиц; между тем много позже он заметил, хотя и в другой связи, что «все идеи от бога». Кроме того, он по-прежнему не доверял германскому милитаризму, но предложение было слишком уж соблазнительным, и в апреле 1914 г. Эйнштейн с семьей покинул традиционно нейтральную Швейцарию и переехал в Берлин. Он достиг вершины своей карьеры и был известен ученым всего мира. Правда, его еще не знали широкие круги общественности.

8. ОТ «PRINCIPIA» К ПРИНСИПИ [18]

Летом 1914 г. Милева с детьми уехала в Цюрих. Эйнштейн остался в Берлине. Фактически это было завершением их совместной жизни.

В августе началась первая мировая война. Желая добиться скорой победы, немцы совершили быстрый обходный маневр и преднамеренно нарушили нейтралитет Бельгии, что в те далекие времена многие сочли вершиной варварства. Но желаемый блицкриг так и не состоялся. Бои продолжались до ноября 1918 г. и унесли миллионы человеческих жизней. Волна шовинистического угара захлестнула обе сражающиеся стороны. Ученый шел воевать против ученого, интеллигент против интеллигента, проявляя при этом не свойственную, казалось бы, образованным людям кровожадность. Это было потрясением для Таких умов, как Бертран Рассел в Англии и Эйнштейн в Германии. Чтобы смягчить неблагоприятный психологический эффект, произведенный вторжением в Бельгию, в Германии была затеяна публикация манифеста «К культурному миру». В нем отрицалась какая-либо вина германского милитаризма, который был представлен движимым самыми высокими побуждениями спасителем немецкой культуры. Манифест подписали девяносто три представителя германской интеллигенции, и в том числе Планк. Мир ответил на него волной негодования.

Позднее Эйнштейн говорил, что ему как швейцарскому подданному не предлагали подписать этот манифест. Как бы то ни было, он все равно не поставил бы под ним свою подпись. Он сразу же поддержал профессора Георга Николаи, который, проявив большое мужество, в ответ на призыв «К культурному миру» начал подготовку «Воззвания к европейцам». Этот документ, в составлении которого, по свидетельству Николаи, Эйнштейн принимал непосредственное участие, выступал с резким протестом против предыдущего манифеста и призывал ученых воюющих государств к сотрудничеству во имя будущего Европы. В «Воззвании» предлагалось создать Лигу европейцев. Лишь четыре человека отважились подписать его. Двое из них были Николаи и Эйнштейн.

Эйнштейн не принял никакого участия в войне. Он вносил посильную лепту в дело мира и с мучительным напряжением углублялся в свои исследования. Когда-то в Бюро патентов он с виноватым видом урывал время для своих вычислений. И теперь, спокойно работая в Берлине, в то время как вся Европа истекала кровью, Эйнштейн по-прежнему не мог избавиться от чувства

вины.

Здесь мы на время оставим эту тему, чтобы рассказать о работе Эйнштейна по общей теории относительности, поскольку, при всей своей космической отвлеченности, она самым странным образом оказалась связанной с войной. Однако не будем торопиться: ведь эта теория была сотворена не в один день.

Прежде всего зададим вопрос о судьбе ньютоновской теории гравитации, ведь на ней, очевидно, не могло не сказаться появление теории относительности. В теории поля, например, разработанной Максвеллом, электромагнитные взаимодействия передаются со скоростью света. Ничего подобного такому способу передачи не было в теории Ньютона. Гравитация представляла собой мгновенную силу, действующую на расстоянии. Стоит поднять палец, и гравитационный эффект тотчас же — не пройдет и мгновения — скажется на всей Вселенной. Однако, согласно теории относительности, никакие сигналы не могут распространяться быстрее света. Кроме того, различных «одновременностей» — великое множество, так как же удается одному гравитационному эффекту сказываться в некий данный момент одновременно повсюду! Интересна точка зрения самого Ньютона по этому вопросу:

«То, что гравитацию следует рассматривать как естественное, внутренне присущее материи и существенное для нее свойство, и что одно тело способно воздействовать на другое на расстоянии через *вакуум,* без какого-либо посредника, с помощью которого и через который могли бы передаваться действия и силы от одного тела к другому, представляется мне таким невероятным абсурдом, что, мне кажется, не найдется ни одного сколько-нибудь сведущего в философских вопросах человека, который мог бы во все это поверить».

Многие ученые, и среди них Эйнштейн, искали способы преобразования теории гравитации Ньютона на релятивистской основе. Однако почти с самого начала Эйнштейн ставил эту проблему более глубоко. Почему, спрашивал он, следует полагать равномерное движение особым случаем? Ведь насколько удобнее было бы считать относительным всякое движение — как равномерное, так и неравномерное.

Однако факты были явно против него. Ускорение, безусловно, является абсолютным — это всем хорошо известно. Чтобы убедиться в этом, нет нужды изучать «Начала» Ньютона. Мы не ощущаем движение в равномерно и мягко движущемся транспорте. Но при первом же толчке мы его почувствуем, и это подтвердит любой пассажир, которому доводилось ехать стоя.

Перед лицом подобных фактов Эйнштейн вряд ли мог

говорить об относительном ускорении. Но он был не из тех, кого могло обескуражить что-либо, идущее вразрез с его научной интуицией. Кроме того, важную роль сыграла критика абсолютного пространства и абсолютного движения, предпринятая предшественниками Эйнштейна, в особенности Махом. Она укрепила уверенность Эйнштейна в правильности избранного им пути. Это был его собственный путь, никем до него не проторенный. Кстати, впоследствии тот же Мах весьма сурово отозвался о его специальной теории относительности.

Еще в 1907 г., когда Эйнштейн впервые ввел формулу $E = mc^2$, он поставил тем самым под сомнение абсолютность ускорения. Эйнштейн вновь вернулся к этой проблеме в статье, написанной в Праге в 1911 г. Его рассуждения, особенно в том виде, который они приобрели в этой статье, относятся к наиболее замечательным в истории науки. Имеются в виду не только сделанные им выводы, но также и способ рассуждения. Образно выражаясь, Эйнштейн проник в лагерь противника и обнаружил там давным-давно зарытое в землю оружие, которое он — и только он один — мог обратить против понятий, которые это оружие было призвано защищать. Суть этих рассуждений такова.

Итак, ускорение абсолютно? Очень хорошо. Допустим, что это так, и посмотрим, что можно из этого извлечь. Представим себе летательный аппарат — своего рода маленькую лабораторию — в космосе, вдали от других гравитационных тел, так что люди на борту этого аппарата не ощущают веса. Теперь представим, что лаборатория получает равномерное ускорение в направлении, которое люди внутри нее обозначат «вверх», и пусть в результате этого ускорения скорость аппарата каждую секунду возрастает на 9,8 м/с.

Таким образом, лаборатория начинает двигаться ускоренно. Но относительно чего? Почему возникает подобный вопрос? Разве мы не договорились, что ускорение абсолютно?

Да, договорились. Но если постоянство скорости относительно, то что означают эти 9,8 метра в секунду? Ведь обнаружить это возрастание скорости внутри аппарата невозможно.

Не спешите делать выводы. Пусть измерить скорость действительно нельзя, но для ускорения или увеличения ее на 9,8 м/с^2 каждую секунду это вполне осуществимо. Ведь ускорение, к примеру, дает людям внутри лаборатории ощущение веса.

Если за этими краткими ответами вам почудится некоторая неловкость, тем лучше. Это будет свидетельствовать лишь о том, сколь неестественно выборочное понимание относительности,

при которой равномерное движение относительно, а ускорение — нет. И тем не менее собственный опыт подсказывает нам, что ускорение абсолютно. Кроме того, это же утверждал Ньютон, а на его авторитет вполне можно положиться. Да и сам Эйнштейн некоторым образом согласился с этим, ведь в его специальной теории относительности ускорение является абсолютным.

Итак, вернемся к нашей лаборатории, которая ускоренно движется «вверх» с абсолютным ускорением 9,8 м/с^2. Все предметы внутри лаборатории движутся равномерно по прямой: это утверждает первый закон Ньютона. Но по отношению к ускоренно движущейся лаборатории эти не получающие ускорения предметы, будут казаться движущимися ускоренно «вниз» с ускорением 9,8 м/с^2. Измерив, к примеру, это направленное «вниз» ускорение, мы можем определить, что наша лаборатория действительно имеет абсолютное направленное «вверх» ускорение, равное 9,8 м/с^2.

Однако постойте. Предметы произвольной массы, из чего бы они ни состояли, получают, если их бросить, *одно и то же* направленное «вниз» ускорение. Разве нам не приходилось слышать об этом раньше? Конечно же, приходилось — ведь это хорошо знакомая нам, чуть ли не апокрифическая история о Галилее, который бросал всевозможные предметы с «Падающей башни» в Пизе. Каждое отдельное тело, которое мы роняем или бросаем, падает под действием силы тяготения с одинаковым ускорением (если не учитывать, скажем, сопротивление воздуха). Таким образом, результаты, полученные в движущейся с ускорением маленькой космической лаборатории, повторяют результаты, полученные без всякого ускорения в маленькой лаборатории на Земле. Это действительно так — по крайней мере в том, что касается свободного падения тел. Однако мы можем пойти дальше. Элементарного знакомства с физикой, в частности с законами Ньютона, достаточно для того, чтобы показать, что результаты любых механических экспериментов на борту маленькой космической лаборатории, движущейся с ускорением, будут в точности повторены в столь же небольшой лаборатории, расположенной на обладающей гравитационным полем Земле.

Что же можно в таком случае сказать о механических экспериментах в нашей космической лаборатории? Мы-то ожидали от этих результатов подтверждения того, что лаборатория обладает абсолютным направленным «вверх» ускорением, равным 9,8 м/с^2. Однако теперь мы видим, что эти результаты с тем же успехом могли бы свидетельствовать о пребывании нашей лаборатории на Земле, где действует сила тяготения, или же об одновременном действии на лабораторию и

ускорения, и гравитации. Таким образом, с чисто механической точки зрения ускорение вовсе не является абсолютным.

Пусть смелость этой мысли не пройдет мимо вашего внимания. С самого начала мы условились, что ускорение абсолютно. Далее мы вели рассуждения с точки зрения абсолютности ускорения. Мы с чистой совестью применяли законы Ньютона. И вот мы неожиданно приходим к тому, что *с точки зрения механики ускорение относительно.*

Этот важный вывод был всего лишь предварительным. Он основан на элементарных понятиях, которые уже не первое столетие были известны ученым, — понятиях, скрытый смысл которых за все эти годы никто не догадался обнаружить. Гений Эйнштейна был готов нанести еще один удар, обусловленный эстетическими соображениями. Эйнштейн смело выкинул из сделанного им вывода выделенные выше слова, и тем самым сформулировал без всяких уточнений, что ускорение относительно. Как это ему удалось? А вот как. Эйнштейн выдвинул *принцип эквивалентности* — он сделал это в 1907 г., а название дано было позднее. Этот принцип заслуженно знаменит. По сути, в нем утверждается, *что никакой* эксперимент, проведенный в лаборатории — ни механический, ни какой- либо другой, — не поможет определить, движется ли эта лаборатория с ускорением в пространстве или же покоится на обладающей гравитационным полем Земле.

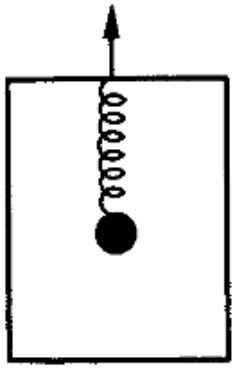
Почему же все это столь важно? Давайте пока удовлетворимся общим, хотя и относительно частным ответом: раз можно произвести простые приближенные вычисления для движущейся с ускорением лаборатории, то полученные результаты можно перенести в условия лаборатории, расположенной на гравитирующей планете, а это позволило бы построить предположения о действии гравитации и подвергнуть их экспериментальной проверке.

В скором времени мы в этом убедимся. Но прежде чем продолжить, нам необходимо заполнить существенный пробел и рассказать о решающем озарении, направившем размышления Эйнштейна именно в это русло. К счастью, впоследствии он сам описал ход развития этих идей. Эйнштейн внес изменения в теорию гравитации Ньютона так, чтобы согласовать ее со специальной теорией относительности. Однако расчеты убедили его, что, согласно его новой теории, тела, обладающие разной энергией, будут падать с разным ускорением, а это противоречило закону Галилея о том, что в данном месте все тела падают с одинаковым ускорением. «Этот закон, — говорил Эйнштейн, — который можно сформулировать так же, как закон

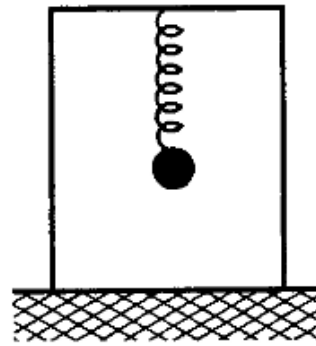
эквивалентности тяжелой и инертной масс, теперь предстал передо мной во всей своей значительности. Его существование поразило меня, и я почувствовал, что именно здесь должен быть спрятан ключ к более глубокому пониманию инерции и гравитации». Гениальная догадка Эйнштейна состояла в том, что ему показалось подозрительным то объяснение, которое давалось в теории Ньютона закону Галилея. Ньютон использовал понятие массы в двух смыслах: во-первых, как меру инерции тела, степень его сопротивления придающей ему ускорение силе и, во-вторых, как меру действия на тело притяжения. Если удвоить массу тела, то Земля будет притягивать его вдвое сильнее. Это верно. Но поскольку и инерционное сопротивление ускорению также возрастет вдвое, ускорение останется прежним. Следовательно, Ньютон при объяснении закона Галилея подразумевал, что тяжелая и инертная массы равны. Но это вступает в противоречие с отведенными им в теории Ньютона существенно разными ролями, и Эйнштейн неожиданно осознал, что это равенство было сочтено просто случайным совпадением чисел. Принцип эквивалентности делал закон Галилея краеугольным камнем общей теории относительности. Эйнштейн трактовал этот закон скорее как фундаментальный, а не как результат случайного совпадения. При этом Эйнштейн исходил из примата простоты законов природы.

Теперь мы можем перейти к заключениям, которые Эйнштейн вывел из принципа эквивалентности в 1907 и 1911 гг. Для большей простоты изложения слегка изменим хронологический порядок; для большей наглядности по-прежнему будем говорить о «Земле», в то время как Эйнштейн выражался несколько осторожнее; и, наконец, для большего удобства назовем нашу движущуюся с ускорением лабораторию Aclab[19], а лабораторию, работающую на Земле в условиях гравитации, — Gravlab[20].

Прежде всего представьте себе некоторый груз, подвешенный на пружине к потолку Aclab, и точно такой же груз, подвешенный на точно такой же пружине в Gravlab. Обе пружины растянутся. В Aclab это растяжение произойдет из-за противодействия инерции подвешенного предмета ускорению, в то время как в Gravlab оно будет вызвано действием силы тяготения. Обе пружины растянутся на одинаковую величину. Следовательно, инертная и тяжелая массы этих предметов одинаковы.



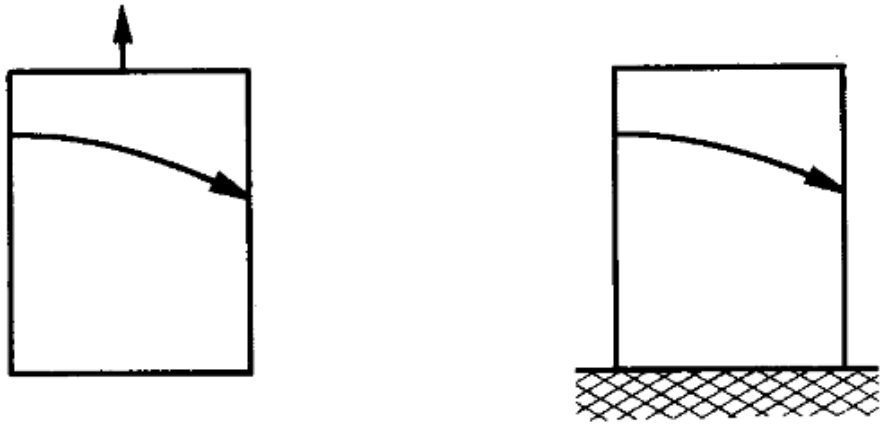
Aclab



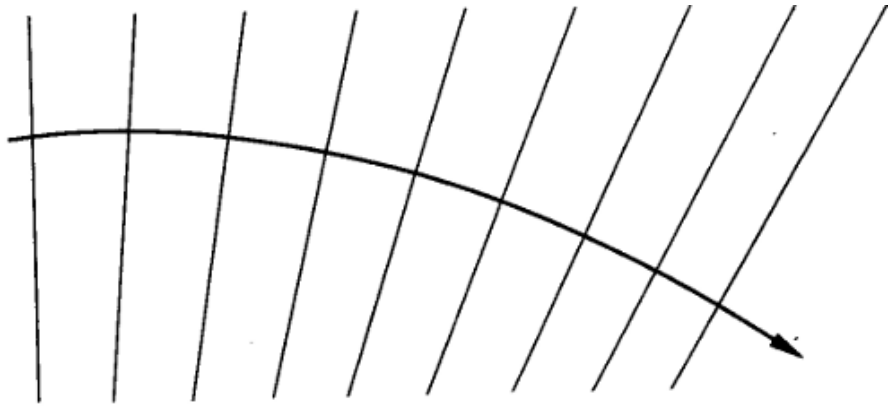
Gravlab

Поскольку именно этот принцип лежит в основе эквивалентности, нас это не должно удивлять. Однако предположим теперь, что наши предметы поглощают равное количество энергии, скажем, в результате радиации. В таком случае, согласно формуле $E = mc^2$, каждый предмет приобретет дополнительную массу, и тогда пружины растянутся на одну и ту же дополнительную величину. Но почему на *одну и ту же*? В силу принципа эквивалентности: согласно ему, все, что происходит в Aclab, должно в аналогичных обстоятельствах иметь место и в Gravlab. Однако в Aclab дополнительное растягивание пружины происходит за счет возросшей инертной массы, в то время как в Gravlab оно соответствует увеличению тяжелой массы. Таким образом, и энергия имеет равные инертную и тяжелую массы, и перед нашим мысленным взором предстает упорядоченное эйнштейновское единство законов природы — и все это практически почти без обращения к математике. В самом деле, одна из замечательных особенностей исследований 1907 и 1911 гг. состоит именно в том, что в них Эйнштейн пришел к основным выводам, пользуясь по большей части лишь самой элементарной математикой. Подобное блестящее проявление интуиции в чистом виде является редкостью в науке.

Однако последуем дальше за мыслью Эйнштейна. Представьте себе свет, посланный в виде луча через Aclab. Этот луч пройдет по прямой линии (заметим, что все это происходит в абсолютном пространстве — ведь мы все еще делаем вид, что таковое существует). Но из-за направленного «вверх» ускорения лаборатории луч как бы изогнется «вниз» относительно Aclab[21]. Следовательно, в соответствии со сделанным Эйнштейном в 1907 г. выводом, луч света, посланный через Gravlab, также должен изогнуться вниз: *гравитация искривляет световой луч.*

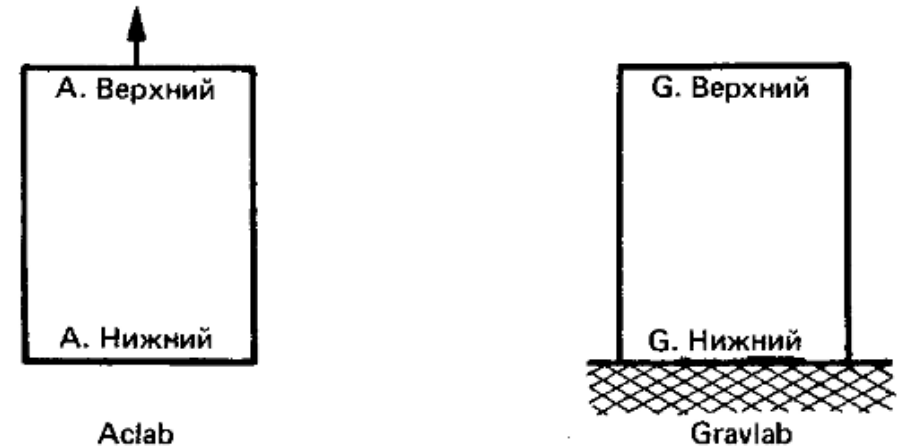


Этот вывод весьма существен и сам по себе. Но из него вытекает не менее важное следствие. Представьте себе свет в виде волн. В таком случае, как это показано на рисунке, для наклона траектории движения необходимо, чтобы нижняя часть волны запаздывала. Что же из этого следует? А то, что *скорость света не является постоянной и уменьшается под действием гравитации.* Но ведь это же самая настоящая ересь! И главный еретик — сам Эйнштейн.



Однако мы еще не все сказали о принципе эквивалентности. Поместим экспериментаторов (назовем их А. Нижний и А. Верхний) в Aclab, а в Gravlab — экспериментаторов G. Нижнего и G. Верхнего, как показано на рисунке, и предположим, что у каждого из них есть точные часы. Эйнштейн показал (здесь не имеет смысла вдаваться в подробности), что в результате ускорения А. Верхний считает часы А. Нижнего отстающими от его собственных, в то время как, к нашему удивлению, А. Нижний находит, что часы А. Верхнего идут быстрее его часов. (Кто бы мог подумать, что подобная ситуация вызовет у нас удивление?! [22]) Согласно принципу эквивалентности, когда G. Нижний и G.

Верхний сверят свои часы, посмотрев на них, они должны будут согласиться, что часы G. Нижнего, оказывается, идут медленнее, чем часы G. Верхнего. Следовательно, гравитация искривляет время и делает это самым неожиданным образом.



Эйнштейн не просто выдвигал идеи. Он пытался также найти подтверждающие его предсказания факты, которые могли бы быть экспериментально проверены. Возьмем, к примеру, скорость хода часов. Заменим ее скоростью колебаний (в данном случае — частотой) испускаемого атомами света. Тогда, утверждал Эйнштейн в 1907 г., можно провести сравнение и убедиться, что колебания света, посылаемого нам атомами с Солнца, на одну полумиллионную часть меньше частоты световых колебаний, источниками которых являются такие же атомы на Земле. Это найдет проявление в небольшом сдвиге линий спектра солнечного света в сторону красного конца спектра. Понятно теперь, почему этот знаменитый эффект получил название *гравитационного красного смещения.*

Что же касается гравитационного искривления световых лучей, то в 1907 г. Эйнштейну не удалось придумать реального способа его экспериментальной проверки. К 1911 г. такой способ был им уже найден. Эйнштейн вычислил, что лучи, исходящие от звезд, проходя вблизи Солнца, должны отклоняться на 0.83[1] дуговой секунды — угловой ширины монеты в 25 центов, рассматриваемой с расстояния семи с лишним километров. По предсказанию Эйнштейна, это отклонение могло быть обнаружено в момент полного солнечного затмения.

Немецкий астроном Эрвин Финлей-Фрейндлих попытался найти наблюдательные подтверждения этого отклонения и изучил все существовавшие в то время фотографические снимки затмений Солнца, но успеха так и не добился. Поскольку очередное полное солнечное затмение должно было произойти в

1914 г. и могло наблюдаться с территории России, он отправился туда с целью проверить теорию Эйнштейна, но разразившаяся в тот год война помешала ему. Хотя это и можно считать невезением, мы тем не менее убедимся, что неудача имела и положительную сторону.

Эйнштейн стремился выяснить, действительно ли световые лучи искривляются под воздействием поля тяготения Солнца, и с этой целью 14 октября 1913 г. написал из Цюриха письмо известному американскому астроному Джорджу Хейлу. В письме он спрашивал, можно ли осуществить проверку сделанного им теоретического вывода, не дожидаясь солнечного затмения. Посовещавшись с другими астрономами, Хейл дал отрицательный ответ. Как и неудачная попытка Финлея-Фрейндлиха, этот ответ также, как оказалось, имел свою положительную сторону. Письмо Эйнштейна Хейлу представляет определенный интерес и как документ личного характера, в особенности если принять во внимание, что оно было написано после того, как Эйнштейн получил приглашение в Берлин, но до его отъезда туда из Цюриха. В этом письме Эйнштейн писал, что обращается к Хейлу по рекомендации своего коллеги профессора Маурера, и Маурер даже сделал небольшую приписку к этому письму на не слишком хорошем английском языке, в которой выражал благодарность за «любезный ответ мистеру профессору д-ру Эйнштейну, моему уважаемому коллеге по Политехническому училищу»; подпись Маурера для пущей убедительности подкреплена печатью Политехникума. Видимо, Эйнштейн хотел, чтобы к его просьбе отнеслись серьезно, но с присущей ему от рождения скромностью отнюдь не был уверен, что одного его имени для этого будет достаточно. Это было в его духе. Можно было бы ожидать, что ради такого случая он постарается написать письмо особенно аккуратно. Но Эйнштейн без особых церемоний зачеркивает слова и заменяет их другими, заботясь лишь о том, чтобы в письме было выражено существо дела, а не соблюдены светские условности. И в этом штрихе также раскрываются некоторые его чисто человеческие черты.

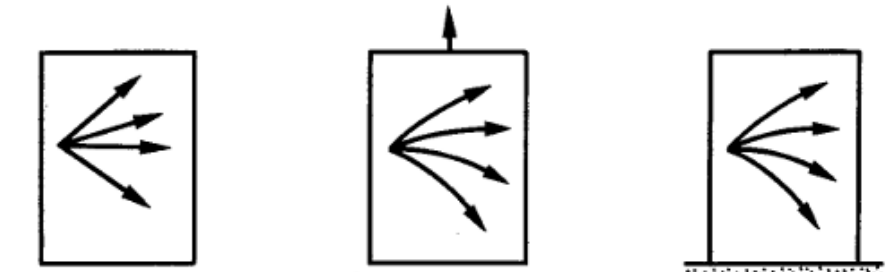
Даже не имея возможности получить экспериментальное подтверждение принципа эквивалентности, Эйнштейн сохранял уверенность в его справедливости. Он прекрасно сознавал, что это всего лишь достаточно грубый и приблизительный набросок, лишь первый шажок на пути к тому, что он уже интуитивно предвидел, но еще не мог сформулировать. Но знал он и то, что в принципе эквивалентности уже содержатся фундаментальные эстетические и физические понятия, на которые он мог опираться в своих дальнейших поисках. Прежде всего этот принцип

олицетворял эстетическое единство: ведь с какой стати, рассуждал Эйнштейн, допускать существование одного типа относительности для механических и другого — для всех остальных физических явлений? К тому же он воспринимал этот принцип как убедительное подтверждение того, что его интуитивное стремление к признанию всех видов движения относительными не является своего рода погоней за миражем. Более того, Эйнштейн чувствовал, что итогом его устремлений должна стать новая теория гравитации, которая уже не будет укладываться в границы специальной теории относительности. И — будто всего этого недостаточно, — как мы увидим, этот принцип действительно с необычайной точностью направлял поиски Эйнштейна на его пути к общей теории относительности. Началом же этих революционных изменений в физике послужила внезапная, изумившая самого Эйнштейна догадка, касающаяся равенства инертной и тяжелой масс в теории Ньютона. Как и всякий другой ученый, Эйнштейн не избежал ошибок в своих исканиях, но интуиция всегда возвращала его на единственно верный путь.

Гениальные научные идеи не появляются сразу в законченном виде. Интуитивно предчувствуя истину, Эйнштейн еще долго должен был идти к ней. По какому пути предстояло пойти его мысли теперь? Эйнштейн обратился к воздействию гравитации на скорость света. Ведь этот вопрос выходил за рамки специальной теории относительности, согласно которой скорость света постоянна и одинакова для любого наблюдателя. Кроме того, к этому времени физики уже более ста лет привыкли считать, что ньютоновское «действие на расстоянии», т. е. закон гравитации, может быть выражен единственным «уравнением поля», содержащим одну-единственную переменную математическую величину, называемую *гравитационным потенциалом.* Нельзя ли сделать так, чтобы переменная скорость света играла ту же роль, что и ньютоновский гравитационный потенциал, но уже с релятивистских позиций? Эта конкретная и в то же время обобщающая идея естественным образом привлекала Эйнштейна. Однако попытки ее разработать убедили его в том, что создание приемлемой теории гравитации не может быть осуществлено столь легким способом. Это первое столкновение с трудностями было необходимой разведкой перед главным сражением. Ведь если переменная скорость света на давала адекватного математического представления гравитации, то что же в таком случае могло помочь?

Давайте вернемся к нашим Aclab и Gravlab. Если бы Aclab двигалась без ускорения, то внутри нее свободные частицы

двигались бы прямолинейно с постоянной скоростью. Так гласит первый закон Ньютона, а именно закон инерции. Стоит включить ускорение, и те же самые свободные частицы в Aclab, движение которых не изменится, станут как бы падать — точь-в-точь как они падали бы под воздействием силы тяготения в Gravlab.



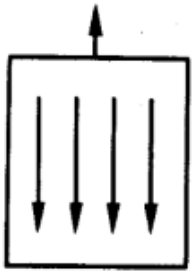
Траектории свободно падающих тел в лаборатории, движущейся без ускорения

То же, но уже в Aclab — лаборатории, движущейся с ускорением

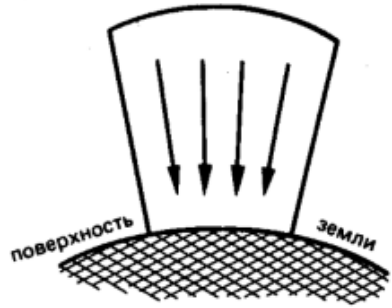
Траектории свободно падающих тел в Gravlab

Итак, Эйнштейн разработал «план кампании», который мы и постараемся изложить в упрощенном виде. Во-первых, выразим закон инерции в его релятивистской форме, согласно которой в пространстве — времени мировые линии свободных частиц представляют собой прямые. Затем применим некоторое математическое преобразование для описания ситуации в Aclab. Полученное представление должно автоматически описывать физическую ситуацию в Gravlab; таким образом, можно будет получить какой-то намек на то, как следует рассматривать гравитацию с математической точки зрения.

Но почему речь идет только о намеке, а не о законченной теории? Дело в том, что полученные таким путем результаты отражают сугубо локальные свойства гравитации. Если бы AclaЬ и CraylaЬ имели большие размеры, они бы уже не были полностью эквивалентны, в чем нетрудно убедиться, взглянув на рисунок, на котором большая космическая AclaЬ сравнивается с большой CraylaЬ, расположенной на изогнутой поверхности Земли.



Параллельные траектории свободно падающих тел в большой Aclab



Сходящиеся траектории свободно падающих тел в большой Graviab на поверхности земли

И хотя намек — всего-навсего намек, в запутанной ситуации, как известно, он может представлять большую ценность. В данном же случае этот намек, казалось, приобретал все большее значение, ибо благодаря ему Эйнштейн натолкнулся на целый сонм взаимосвязанных проблем. Искривление времени под воздействием гравитации привело его к мысли, что пространство, теснейшим образом связанное в релятивистской теории со временем, также должно быть искривлено. Более того, ускоренное движение лаборатории вызывает искажение пространственно-временной системы координат — четырехмерного аналога миллиметровой бумаги, — а подобные искажения означают, что эти системы координат утрачивают прямую связь со стандартными часами и масштабами длины. Непосредственные физические измерения стали, таким образом, невозможны, и Эйнштейн испытал крайнюю растерянность. Прошло немало времени, прежде чем он понял, что и здесь содержался намек, притом немаловажный. Эйнштейн вынужден был полностью пересмотреть все, что связано с координатами и измерениями, а это было делом далеко не легким.

Необычайно важная догадка, которая помогла Эйнштейну найти ключ к этой проблеме и продолжить свои поиски, осенила его не сразу. Попробуем понять его мысль с помощью довольно простой аналогии. Столкнулись два автомобиля. Полиция устанавливает «координаты» — место (пусть это будет угол 20-й стрит и 15-й авеню) и время катастрофы. Теперь изобразим на миллиметровке план района с координатами 20 и 15 и с его помощью легко определим расстояние, которое нужно проехать до места происшествия, например от полицейских участков на 5-й стрит и 8-й авеню. Затем предположим, что катастрофа произошла на углу Кингс Лэйн и Линден Крес- цент, а полицейские участки расположены на Хайлэнд Террас и Болтон Плейс[23]. С такими координатами мы получим на плане

беспорядочную картину города с кривыми и неравномерно расположенными улицами. В таком городе мы без карты не сумеем получить ни малейшего представления о величине искомых расстояний.

Однако это не совсем так. Ведь нам прекрасно известно, что во время столкновения расстояние между автомобилями — и в пространстве, и во времени — было нулевым. «Ну, — скажете вы, — к чему заострять внимание на столь очевидных вещах?» Тем не менее именно подобная тривиальная мысль и явилась для Эйнштейна настоящим откровением. Пространственно-временные координаты нужны просто для удобства обозначения. Физика же (столкновение автомобилей для нее — лишь частный случай) имеет дело главным образом с совпадающими во времени событиями, а такие события независимо от системы координат останутся, безусловно, совпадающими. Это утверждение в сформулированном виде звучит как нечто само собой разумеющееся. Однако именно в этом и состоит особое очарование самых глубоких идей Эйнштейна. Данная идея не исключение, и она тоже не несет на себе отпечатка той долгой умственной борьбы, результатом которой она на самом деле явилась.

Теперь он мог следовать дальше по пути к общей теории относительности. Если отныне всякое движение относительно, то, вероятно, придется примириться с как угодно искаженными системами координат, даже если их связь с непосредственными измерениями, казалось бы, почти невозможно конкретизировать. В силу целого ряда причин Эйнштейн пришел к заключению, что не должно быть каких-либо предпочтений: физические уравнения должны одинаково подходить для всех пространственно-временных систем координат. Это требование он позднее назвал *принципом общей ковариантности.*

В Праге Эйнштейну почти не удалось продвинуться в развитии этого принципа. Он предвидел, что на этом пути ему предстоит столкнуться с труднейшими математическими проблемами, и по возвращении в Цюрих в 1912 г. сделал, как оказалось, наиболее верный шаг для их преодоления: обратился к помощи хорошего математика. В письме от 29 октября 1912 г. Эйнштейн писал:

«…я занят исключительно проблемой гравитации и думаю, что теперь мне удастся преодолеть все трудности с помощью моего друга — математика. Но одно мне совершенно ясно: что никогда в жизни мне еще не приходилось так много работать и что я проникся величайшим уважением к математике, наиболее изысканные области которой я до сих пор по неразумению считал

ненужной для меня роскошью. По сравнению с этой проблемой первоначальная теория относительности не более, чем детская игра!»

Математиком, к которому он обратился, был не кто иной, как его преданный друг Марсель Гроссман, не впервые уже выручавший Эйнштейна из затруднительного положения. По счастливому стечению обстоятельств, — а может быть, волею судьбы — область математики, в которой тот специализировался, в точности соответствовала потребностям Эйнштейна, и без существеннейшей помощи Гроссмана в математическом оформлении общей теории относительности эта теория еще долгое время не могла бы стать достоянием науки. Хотя это сотрудничество, скорее всего, было довольно необычным, поскольку научное мировоззрение Гроссмана — математика до глубины души — в корне отличалось от мировоззрения его друга — физика. Об этом прекрасно свидетельствует история, рассказанная Эйнштейном в его «Автобиографических набросках», которые были написаны им незадолго до смерти для сборника, выпущенного в честь столетней годовщины со дня основания Цюрихского политехникума. Вспоминая свои студенческие годы, Эйнштейн писал:

«[Гроссман] сделал однажды такое прекрасное, характерное замечание, что я не могу его здесь не процитировать: „Я полагаю, что из изучения физики я все же почерпнул кое-что существенное. Когда раньше я садился на стул и ощущал еще остаток тепла, которое принадлежало моему „предсидетелю“ мне было неприятно. Все это совершенно прошло, так как физика научила меня, что теплота есть нечто совершенно безличное“».

Как мы помним, перед Эйнштейном стояла математическая задача вывода уравнений, соответствующих принципу общей ковариантности. Вероятно, еще в Праге кто-то из коллег говорил Эйнштейну, что нужный ему математический метод уже создан. Однако осваивать его Эйнштейн начал лишь в Цюрихе при всемерной помощи Гроссмана. Надо сказать, что овладеть этим «оружием» было нелегко. Сейчас этот метод называют *тензорным исчислением,* а разработка его — в основном заслуга итальянского математика Грегорио Риччи, причем решающего успеха последний добился все в том же 1887 году, ознаменовавшемся экспериментом Майкельсона — Морли и открытием фотоэлектрического эффекта.

Тензорные уравнения были именно тем, что искал Эйнштейн: они не отдавали предпочтения какой-либо системе координат. На их основе и с помощью Гроссмана он мог теперь осуществить свой «план кампании» и дать математическое представление

гравитации. Эйнштейн начал с определения прямых мировых линий в пространстве — времени. Еще до этого, отмечая математические эффекты, сопровождающие переход в Aclab, он пришел к выводу, что скорость света не постоянна, а связана с гравитацией. Теперь же Эйнштейн получил соответствующие уравнения для свободных частиц при переменной c, а это и была, пусть в примитивной форме, та гравитационная теория, к которой он стремился. А затем, перейдя к искаженным координатам весьма общего вида, он пришел непосредственно к тензору, имеющему большое геометрическое значение, — так называемому *метрическому тензору*.

Роль, которую играет этот тензор, может быть показана на простом примере. На двумерной гладкой поверхности океана мы обычно определяем местоположение с помощью координат, которые называются широтой и долготой. Представим себе, что какая-то лодка отправляется в небольшое путешествие, и предположим, что нам известны широта и долгота начального и конечного пунктов. Если лодка плывет по кратчайшему маршруту, мы можем, решив простую алгебраическую задачу, непосредственно вычислить фактическое расстояние, пройденное лодкой по поверхности океана. Ничто не мешает нам это сделать, несмотря на то что ни изменение долготы, ни изменение широты сами по себе не являются расстоянием. Обратить эти небольшие, связанные между собой изменения координат непосредственно в пройденное расстояние помогает метрический тензор, относящийся к двумерной поверхности. В 1827 г., задолго до возникновения идеи тензоров, великий немецкий математик К. Гаусс показал, что этот метрический тензор несет более глубокую геометрическую информацию. С помощью достаточно сложной математической операции можно в данном случае узнать, что мы находимся на поверхности, изогнутой как участок сферы, а не искривленной, скажем, в форме седла, и не плоской, как равнина. И что особенно важно, это можно узнать, не выходя за пределы поверхности, оставаясь внутри нее.

Если интуиция Эйнштейна не ввела его в заблуждение и если все еще не проверенный принцип эквивалентности действительно заслуживает доверия, то метрический тензор четырехмерного пространства — времени, связывающий между собой координаты и измерения, должен был бы описывать гравитацию. Из этого следует глубокий вывод о том, что гравитация, очевидно, имеет существенно геометрическую природу.

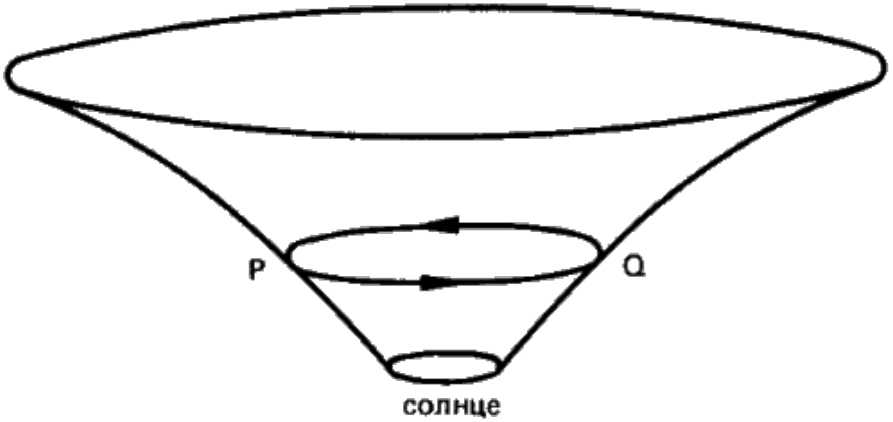
С учетом новой роли, которую стал играть в теории гравитации метрический тензор, Эйнштейн и Гроссман обозначили его буквой g[24], а поскольку в тензорном исчислении

требовалось, чтобы тензор имел два нижних индекса, они записали его в виде $g_{\mu\nu}$. Приняв решение использовать $g_{\mu\nu}$ для представления гравитации, Эйнштейн сделал гигантский шаг вперед. Ведь, как мы помним, ньютоновская теория гравитации могла быть выражена одним-единственным уравнением поля для одного-единственного гравитационного потенциала. А вот тензорная запись очень компактна, так что в четырехмерном пространстве — времени безобидный на первый взгляд символ $g_{\mu\nu}$ замещает десять математических величин. Впечатляющий скачок от одного гравитационного потенциала сразу к десяти был в высшей степени дерзким поступком. Решившись на него, Эйнштейн сам себя поставил перед новой сложной задачей: найти соответственно десять гравитационных уравнений поля.

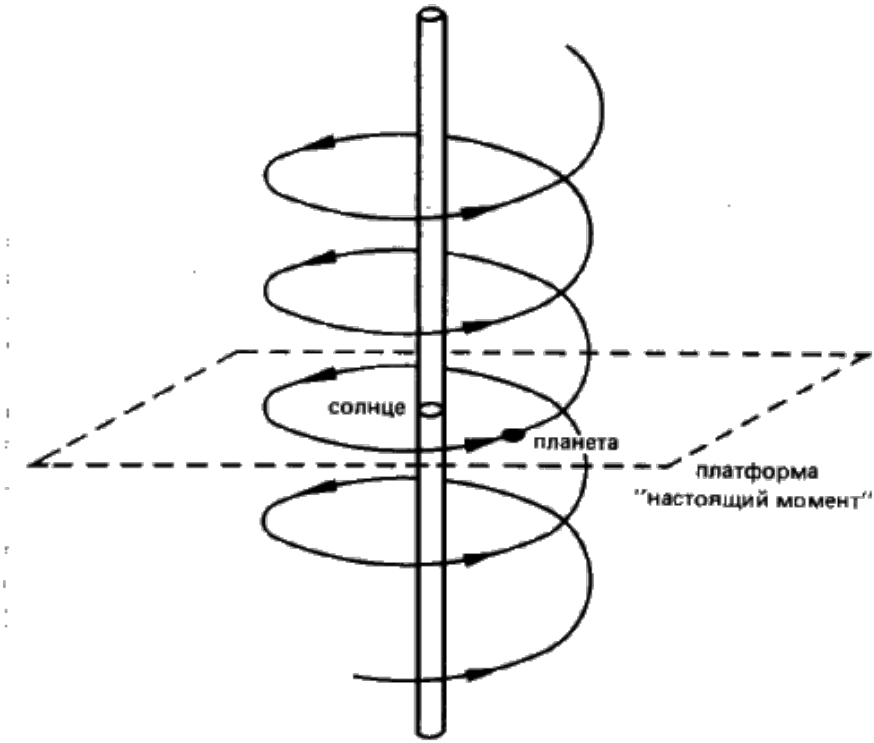
В 1913 г. Эйнштейн и Гроссман опубликовали статью о своих исследованиях, которая была своего рода вызовом здравому смыслу. Физическая часть была написана Эйнштейном, математическая — Гроссманом. В 1914 г. последовала еще одна их совместная работа. Рассматривая эти статьи в ретроспективе, поражаешься тому, насколько близки были их авторы к достижению своей цели. В их распоряжении уже были практически все необходимые математические ингредиенты, — и, как позднее отмечал Эйнштейн, единственным результатом их работы над конкретными уравнениями поля был отказ от этих уравнений на основании доводов, представлявшихся им в ту пору неопровержимыми. В самом деле, поскольку Эйнштейну еще не удалось тогда разрешить чрезвычайно сложные проблемы физической интерпретации, он считал доказанным, что равенство всех систем координат противоречило бы идее причинности. В кульминационной части своей первой статьи Эйнштейн и Гроссман идут на существенное отступление эстетического характера: они даже не допускают изменений координат, которые могли бы считаться связанными с ускорением. Это не давало им покоя, и во второй статье они постарались отчасти исправить положение, но тем не менее их уравнения все еще не отвечали принципу общей ковариантности. Впоследствии Эйнштейн признавался, что от этого принципа он отказался «с тяжелым сердцем».

С отъездом Эйнштейна из Цюриха в Берлин в 1914 г. его совместная работа с Гроссманом практически прекратилась, так и не принеся желаемых результатов. Тем не менее значение этого сотрудничества двух ученых трудно переоценить, ибо Гроссман вооружил Эйнштейна адекватным его целям конкретным математическим аппаратом для продолжения борьбы в Берлине уже в одиночку.

Невозможно рассказать здесь обо всех трудностях, которые пришлось преодолеть Эйнштейну. В течение двух лет он шел по неверному пути, прежде чем разобрался (в числе прочего), что с физической точки зрения нет никаких доводов против равенства всех систем координат и что принцип общей ковариантности в конечном счете не противоречит причинности. После этого дела пошли быстрее, и к 1915 г. Эйнштейну удалось вывести уравнения гравитационного поля, над которыми он так долго бился. Выдвинутая им теория отличалась изумительной простотой и изяществом. Гравитация представлена в ней не силой, а искривлением, внутренне присущим пространству — времени. Небольшие тела — такие, например, как планеты, — движутся вокруг Солнца по орбитам не под действием солнечного притяжения, а потому что в искривленном пространстве — времени вокруг Солнца просто не существует прямых мировых линий. Прямую линию можно определить как кратчайшее расстояние между двумя точками. В искривленном пространстве — времени движение планет было представлено посредством геодезических линий — аналогов кратчайших[25] расстояний. Таким образом, движение планет, подобно движению свободных частиц, также подчиняется первому закону Ньютона — закону инерции — в той мере, в какой это возможно в искривленном пространстве — времени. Понять эту мысль нам помогут два рисунка. На одном из них показано на двумерной плоскости нечто вроде трехмерного гравитационного искривления пространства вокруг Солнца, причем кривизна эта для наглядности сильно преувеличена. Из-за этой кривизны планета, находящаяся в точке *P* и стремящаяся к прямолинейному движению по горизонтали, не сможет его осуществить, а будет двигаться по траектории типа линии *PQ*. Отсюда становится в какой-то мере понятным, как получилось, что планеты вращаются вокруг Солнца.



Недостатком этого рисунка является, однако, то, что на нем не показано ни время, ни искривление времени. И хотя, с одной стороны, это вполне корректно с математической точки зрения, с другой стороны — это в корне неправильно. Ведь ведущий фактор, воздействующий на движение планет, — это не искривление пространства, а искривление времени, которое, как оказывается, может быть связано с изменяющейся скоростью света в гравитационном поле. Итак, мы, к собственному удивлению, вернулись к давнишней мысли Эйнштейна о том, что скорость света можно рассматривать в качестве гравитационного потенциала, и это еще одно свидетельство силы научной интуиции Эйнштейна. Кривизну времени нельзя изобразить столь же наглядно, как кривизну пространства. Не будем пытаться сделать это, а просто введем на втором рисунке еще одно измерение — время — и обозначим его как направление снизу вверх. Двойной линией показано положение Солнца в каждый момент времени — иначе говоря, это мировая линия Солнца. Закрученная в виде спирали линия — это мировая линия планеты, т. е. геодезическая линия в искривленном пространстве — времени, связанном с Солнцем. Представим себе, что мы находимся на какой-то платформе, символизирующей «настоящий момент». Поскольку «настоящий момент» движется в будущее, то платформа, на которой мы стоим, будет на рисунке подниматься вверх — напомним, что мы условились изображать время направленным снизу вверх. По мере подъема платформы вверх спираль будет пересекать ее, и каждая из последовательного ряда точек пересечения будет представляться на платформе конкретной точкой околосолнечной орбиты.



Оба рисунка заведомо далеки от совершенства. В то же время каждый по-своему отражает суть дела. И если нам удастся без особого напряжения сохранить их в памяти, то мы сумеем не так уж плохо представить себе мир, каким его увидел Эйнштейн.

Что же сказать об эйнштейновских гравитационных уравнениях поля, управляющих искривлением пространства — времени? Этих уравнений десять, и все они чрезвычайно сложны. Если записать их полностью, а не в сокращенной записи тензорного исчисления, то придется испещрить замысловатыми символами толстенный том. Эти уравнения впечатляют своей величественной красотой, граничащей с чудом. Пусть эти слова после недвусмысленного намека на уродство и излишнюю тяжеловесность этих уравнений не покажутся вам нелепыми. Давайте попробуем ответить на такой вопрос: каким образом пришел Эйнштейн к своим уравнениям? Мог ли он предвидеть все их разнообразные и, надо сказать, крайне неприятные элементы, ведь элементов этих не просто много — их сотни тысяч, а в одном случае и миллионы? Нет, это невозможно. Но ведь все-таки он нашел их?! И здесь разговор о красоте и чуде перестает казаться нелепым и становится уместным. Дело в том, что правила тензорного исчисления чрезвычайно строги. Исходя из чисто физических соображений, Эйнштейн ввел несколько

почти пустячных условий, которые по большей части были вызваны требованиями простоты. И когда после этого он начал поиски десяти тензорных уравнений, чтобы гравитация могла быть представлена *только* посредством десяти величин $g_{\mu\nu}$, он обнаружил, что руки у него связаны. Эйнштейн настойчиво стремился к простоте, а в результате тензорное исчисление не давало ему никакого выбора. Уравнения поля определялись *однозначно.* Тензорная запись этих уравнений компактна. Таким образом, как по форме, так и по содержанию уравнения поля предельно естественны и позволяют с единой точки зрения объяснить огромное количество фактов, что и придает им невыразимую красоту. Представим себе, что кто-то на самом деле стал записывать эти уравнения в полной форме, элемент за элементом. Стоит допустить одну-единственную ошибку на целый том, например случайно пропустить 1/2 или заменить число 2 на 3, - и уравнения уже не будут удовлетворять условию общей ковариантности.

Только тут мы начинаем — да, всего лишь начинаем — понимать истинное величие научного предвидения Эйнштейна. Какие семена были брошены в почву, на которой выросла эта удивительная, единственная в своем роде структура? Это и теория Ньютона, и, конечно же, специальная теория относительности, и идея Минковского о четырехмерном мире, и резкая критика Махом теории Ньютона. Не забудем и о том немаловажном факте, что математическая основа теории уже была подготовлена — к этому мы еще вернемся. А что же еще? Принцип эквивалентности, принцип общей ковариантности — и, пожалуй, по сути, больше ничего. Каким же чуть ли не магическим ясновидением нужно было обладать, чтобы безошибочно избрать в качестве главных ориентиров именно эти два принципа задолго до того, как стало ясно, куда они ведут. Поразительно уже то, что ори должны были привести Эйнштейна к уникальной системе уравнений — одновременно очень сложной и крайне простой. Но стоило ли прилагать столько усилий, чтобы получить их? Это можно было быстро проверить.

Орбита Меркурия не соответствовала предсказанию Ньютона. Перигелий, то есть ближайшая к Солнцу точка орбиты этой планеты, как показали астрономические наблюдения, смещается за столетие почти на 5600 дуговых секунд, и, хотя большая часть этого смещения может быть так или иначе объяснена с ньютоновских позиций, остаток величиной примерно от 40 до 50[26] дуговых секунд за столетие остался необъяснимым.

В 1915 г. Эйнштейн показал, что, по его новой теории, дополнительное смещение перигелия Меркурия составляет

приблизительно 43 дуговые секунды за столетие. Этот сенсационный результат, о котором было доложено в Королевской Прусской Академии наук и который был опубликован в ее «Трудах», ознаменовал важнейший кульминационный пункт продолжительных, вдохновенных и чрезвычайно напряженных поисков, о чем Эйнштейн сказал:

«В свете уже достигнутого знания удачно полученные результаты представляются само собой разумеющимися, и любой сообразительный студент может освоить их без особого труда. Но полные предчувствий многолетние искания во тьме с их напряженными устремлениями, с чередованием уверенности и разочарования и с их конечным прорывом к истине — все это знает лишь тот, кто пережил это».

Вычисление смещения перигелия Меркурия не допускало никакой фальсификации. Здесь не было произвольных допущений, которые могли бы быть подогнаны к фактам. Не было и возможности маневрировать. Если бы результат сам собой не оказался близким к 43 дуговым секундам *и* — отметим особо — вычисленное направление не совпало бы с фактическим, теория потерпела бы крах.

В январе 1916 г. Эйнштейн писал своему близкому другу Паулю Эренфесту в Голландию: «Вообрази себе мою радость по поводу доказательства достоверности общей ковариантности и правильности моих вычислений движения перигелия Меркурия. Я долго не мог прийти в себя от счастья».

Здесь уместно вспомнить сделанное в свое время Эйнштейном замечание о том, что он проникся величайшим уважением к математике. Причиной тому было не только тензорное исчисление. С присущим им особым даром предвидения математики заранее проторили путь для теории Эйнштейна, причем он оказался куда лучшим, чем Эйнштейн в ту пору предполагал. Общая теория относительности противоречила прекрасному творению Евклида, описанному в «священной книжечке по геометрии», очаровавшей маленького Альберта; ключевым моментом этой теории было отрицание строгой обоснованности теоремы Пифагора, доказательство которой Эйнштейн когда-то нашел самостоятельно.

Многое сближало Эйнштейна и Гроссмана, и немаловажную роль при этом сыграло то обстоятельство, что темой диссертации Гроссмана была неевклидова геометрия. Уже одна эта фраза свидетельствует о том, что математики не сидели сложа руки. Большинству изучающих элементарную геометрию существование какой-либо жизнеспособной теории, радикально отличной от системы Евклида, показалось бы невозможным. В

самом деле, философ Кант объявил геометрию Евклида неизбежной и выражающей настоятельную потребность человеческой мысли. Но примерно с начала XIX в. после «инкубационного периода», продолжавшегося со времен Евклида, наиболее дерзкие математические умы начали выдвигать реальные альтернативы Евклидовой геометрии. Как заметил в свое время Гаусс, с появлением у Евклида соперников геометрия не могла избежать превращения в экспериментальную науку.

Особый интерес представляет для нас работа немецкого математика Бернгарда Римана из Геттингена, начатая им в 1854 г. Основываясь на исследованиях таких первопроходцев, как венгр Янош Бойяи, русский Николай Лобачевский, а также Гаусс, Риман разработал геометрию весьма общего типа, которая в сравнении с геометрией Евклида выглядит примерно как горы рядом с равниной. Подобное сравнение вполне наглядно для двумерных поверхностей; Риман же смело обратился к трем и более измерениям, бросив тем самым вызов наглядным представлениям и оставив единственную возможность чисто математической интерпретации. Эта многомерная беспорядочно искривленная Риманова геометрия оказалась именно тем, что было нужно Эйнштейну.

Далее, как известно, Гаусс открыл математический метод, позволивший извлекать из двумерного метрического тензора информацию о внутреннем искривлении поверхности, которую он описывает. Риман и независимо от него Эльвин Кристоффель распространили этот метод на многомерный случай. При этом они обнаружили — еще до появления тензорного исчисления — важную математическую величину, которую в наши дни называют по-разному: тензор Римана — Кристоффеля, или тензор кривизны. Этот тензор выведен исключительно из метрического тензора и содержит в себе ключевые компоненты однозначно определенных Эйнштейном гравитационных уравнений поля. Но это еще не все. Когда Риман и уже после него английский. математик Уильям Клиффорд отважились выдвинуть предположение, что материя, возможно, представляет собой просто искривление пространства, то их сочли чуть ли не сумасшедшими. Небезынтересно, что в 60-х гг. XIX в., когда Кристоффель независимо от Римана открыл тензор кривизны, он был профессором Цюрихского политехникума.

Что было бы, если бы Риман знал о пространстве — времени? Представил бы он тогда материю как кривизну четырехмерного, а не трехмерного мира? На этот вопрос можно почти наверняка ответить утвердительно. Построил бы он в таком случае и эйнштейновскую теорию гравитации? И на этот вопрос хотелось

бы — по прошествии времени — дать положительный ответ. Однако все до единого шансы против этого. Можно было бы представить дело так, что эйнштейновская теория гравитации была разработана физиком, а не математиком. Однако такое противопоставление было бы явно недостаточным, ибо Эйнштейна в его работе вели даже не столько физические, сколько чисто интуитивные соображения. Именно это было в высшей степени характерным для него. И, не осознав этого в полной мере, мы не сумеем по достоинству оценить достижение Эйнштейна — ведь к нему не могла привести никакая логика. Как известно, он строил свою теорию на принципе эквивалентности и принципе общей ковариантности. Но высказывания Эйнштейна о принципе эквивалентности свидетельствуют о таких колебаниях, что некоторые специалисты хотя и признают важность этого принципа, тем не менее с пеной у рта спорят о том, что именно Эйнштейн имел в виду. Что же касается принципа общей ковариантности, уверенность Эйнштейна в том, что он выражает относительность всякого движения, была ошибочной[27]. Хуже того, как было вскоре отмечено, принцип общей ковариантности в некотором смысле бессодержателен, поскольку практически *любая* физическая теория, способная иметь математическое выражение, может быть представлена в тензорной форме — и это касается не только специальной теории относительности, но также и теории Ньютона.

Соглашаясь в какой-то мере с подобным мнением, Эйнштейн тем не менее настаивал, что этот принцип не лишен содержания: достаточно лишь в каждом конкретном случае потребовать, чтобы соответствующие тензорные уравнения были наиболее простыми и изящными. В самом деле, мастерство Эйнштейна проявилось в том, что он ограничил описание теории гравитации *лишь* десятью величинами $g_{\mu\nu}$. Это действительно наполнило принцип общей ковариантности глубочайшим содержанием — но, чтобы увидеть это, нужно было быть Эйнштейном.

Осознавая всю шаткость призрачных основ, на которых Эйнштейн возводил здание своей теории, остается только поражаться глубине интуиции, которая привела его к этому шедевру. Подобная интуиция и составляет сущность гения. Разве не были столь же шаткими основы теории Ньютона? Но умаляет ли это значение его открытий? Разве работа Максвелла не основывалась на совершенно нелепой механической модели, которая ему самому казалась неправдоподобной? Каким-то образом гений с самого начала смутно предчувствует цель, к которой он должен стремиться. В изнурительном странствии через неведомую страну он поддерживает эту смутную

уверенность с помощью хоть сколько-нибудь вероятных доводов, обоснование которых лежит вне логики — разве что в учении Фрейда. Эти доводы и не нуждаются в обосновании, поскольку они подчинены иррациональным пророческим подсознательным устремлениям, которые поистине властвуют надо всем. Можно ли, в самом деле, требовать чисто логической обоснованности этих доводов, если ученому, совершающему научную революцию, приходится исходить из тех самых понятий, которые он пытается заменить новыми? Например, как бы это ни шокировало нас, в общей теории относительности не представляется возможным дать однозначные определения массы и энергии.

Теория Эйнштейна появилась на свет в разгар войны, в которой любая из сторон могла и победить ценой огромных потерь, и потерпеть столь же полное поражение. Тем не менее полти сразу же эта теория вызвала всеобщий интерес, вышедший за пределы того узкого научного круга, для которого она первоначально предназначалась. В 1916 г. один немецкий издатель обратился к Эйнштейну с просьбой написать популярное изложение его теории. Книга вышла в 1917 г. Эйнштейну удалось, пользуясь лишь элементарной математикой, увлекательно и понятно передать суть теории относительности всего лишь на семидесяти страницах. А если неспециалисту все же не так легко в ней разобраться, то отнюдь не по вине Эйнштейна, который если и заслужил упрек, так разве что в том, что умудрился создать столь невероятно сложную теорию. Из-за вызванной военным временем нехватки бумаги в Германии книга вышла маленьким тиражом. Но было очевидно, что она появилась своевременно. К началу мая 1918 г., когда окруженная со всех сторон, голодающая Германия была в крайне трудном положении, тот же издатель вознамерился выпустить книгу Эйнштейна третьим изданием. Не питая особых надежд, он обратился к правительству с просьбой выделить ему бумагу хотя бы на три тысячи экземпляров и получил разрешение.

Присущая общей теории относительности красота, а также такое естественное ее подтверждение, каким стало смещение перигелия Меркурия, были для Эйнштейна достаточным доказательством того, что интуиция не обманула его. Рассказывая в своей популярной книге по теории относительности о результате вычисления перигелия, Эйнштейн следующим образом отозвался о гравитационном красном смещении и об искривлении лучей света: «Я не сомневаюсь в том, что и эти последние следствия теории скоро найдут свое подтверждение». Он не раз признавался друзьям, что уверен в истинности теории относительности. И. не дожидаясь дальнейших доказательств,

Эйнштейн смело пошел дальше, к новым исследованиям. В 1916, а затем вновь в 1917 году, ознаменованном революцией в России, Эйнштейн пришел к двум крупным научным достижениям; второе из них в отличие от первого было релятивистского характера. Но не будем отклоняться от нашей темы и отложим на некоторое время рассказ об этих событиях.

Само по себе смещение перигелия Меркурия не было научным *предсказанием,* ведь противоречие с теорией Ньютона уже было известно. Однако имелись еще два связанных с общей теорией относительности предсказания, подтверждение которых могло бы убедить других ученых в ее достоверности: гравитационное красное смещение и отклонение световых лучей. Замечателен тот факт, что выведенная Эйнштейном на основе его принципа эквивалентности величина красного смещения, по существу, совпадала со значением, определенным им на основе уже вполне разработанной общей теории относительности. Еще более важно то, что отклонение световых лучей в соответствии с новой теорией оказалось *вдвое большим* предложенной ранее величины. Теперь, по предсказанию Эйнштейна, лучи звездного света, проходя вблизи поверхности Солнца, отклонялись на 1,7 дуговой секунды.

Война внесла свои уродливые искажения в присущий науке интернациональный характер. Свободный обмен научной информацией между учеными враждебных государств прекратился. Но поскольку нейтралитет Голландии не был нарушен, голландский астроном Виллем де Ситтер вел из Лейдена активную переписку со своим английским коллегой Артуром Эддингтоном. В 1916 г. де Ситтер отправил Эддингтону в Кембридж экземпляр статьи Эйнштейна, где давалось объяснение общей теории относительности. Эддингтон был в восхищении. В подробном официальном сообщении он заявил по этому поводу: «Независимо от того, окажется ли эта теория в конечном счете правильной или нет, она заслуживает внимания как один из наиболее совершенных примеров силы универсального математического мышления».

Европа еще была охвачена войной, когда Эддингтон и Королевский астроном Фрэнк Дайсон при поддержке со стороны правительства задумали предпринять две экспедиции. Одна из них готовилась отправиться в деревню Собраль в Бразилии, а другая — на крошечный португальский остров Принсипи у западного побережья Африки. Именно там, как указывал Дайсон, должны были сложиться наиболее благоприятные условия для наблюдения полного солнечного затмения 29 мая 1919 г. Целью этих экспедиций была проверка теории Эйнштейна, создание

которой завершилось в столице враждебной Германии.

Несмотря на плохую погоду на острове Принсипи (в официальном отчете Эддингтон писал, что «с 10 мая не было дождей, за исключением утра в день затмения Солнца»), на некоторых фотоснимках, сделанных Эддингтоном и его ассистентом через телескоп, сквозь облачность были видны звезды. Эддингтон с нетерпением принялся за экспериментальные измерения с помощью микрометра на наиболее четком из снимков и, к собственному восторгу, обнаружил, что полученные результаты свидетельствуют в пользу новой теории. Впоследствии он говорил, что это был величайший момент в его жизни.

Для всесторонней оценки полученных данных английским ученым предстояло еще немало сделать. Хотя военные действия прекратились, формально война все еще продолжалась. Прямой связи между Англией и Германией фактически не было, а связь через другие страны сулила изрядные проволочки. Слухи о том, что результаты, полученные во время солнечного затмения, оказались благоприятными, дошли до Эйнштейна лишь к началу сентября, а 22 сентября 1919 г. Лоренц отправил ему телеграмму (она была доставлена с явным запозданием), подтверждающую это известие.

Эйнштейн ответил короткой телеграммой: «От души благодарю Вас и Эддингтона. Примите мои поздравления». 27 сентября он с особым удовольствием отправил своей больной матери в Швейцарию открытку со словами: «Дорогая мама! Сегодня я получил радостное известие. Х. А. Лоренц телеграфировал мне, что английские экспедиции действительно доказали отклонение света вблизи Солнца…»

Но это известие еще не было официальным сообщением. 6 ноября 1919 г. в Лондоне состоялось историческое совместное заседание Королевского общества[28] и Королевского астрономического общества. Более чем за два столетия до этого, в 1703 г., Президентом Королевского общества был избран Ньютон, после чего каждый год до самой его смерти, которая последовала через двадцать с лишним лет, он переизбирался на этот пост. И вот в 1919 г. он как живой стоял перед мысленным взором собравшихся ученых. Его портрет на всегдашнем своем почетном месте, на стене, казалось, господствовал над залом. И хотя лицо Ньютона на портрете было обращено к собравшимся, взгляд его был устремлен вправо, как будто Ньютон пытался заглянуть в великие тайны далекого будущего. А в этом будущем Джозеф Джон Томсон, первооткрыватель электрона, нобелевский лауреат и Президент Королевского общества, публично провозгласил

открытие Эйнштейна «одним из величайших — а может быть, и самым великим — достижением в истории человеческой мысли». Королевский астроном[29] сделал услышанное всем миром официальное сообщение о том, что результаты экспедиций, наблюдавших солнечное затмение, свидетельствуют о победе Эйнштейна над Ньютоном.

Драматизм этого события был, безусловно, усилен только что закончившейся войной. А если бы ее не было и если бы Финлей-Фрейндлих, сумев наблюдать солнечное затмение 1914 г., определил бы величину отклонения равной 1,7 дуговой секунды, в то время как Эйнштейн предсказал отклонение лишь в 0,83 дуговой секунды? Или же Хейл и его друзья- астрономы в Америке, не будучи вынуждены ждать следующего затмения, определили бы, что отклонение вдвое превышает предсказанную величину? Нетрудно представить себе, сколь малый интерес вызвал бы тогда результат, вычисленный Эйнштейном в 1915 г. и равный 1,7 дуговой секунды. Эйнштейну пришлось бы перед лицом фактов вносить запоздалые изменения в свои вычисления, признав сначала свою ошибку. Это дало бы повод считать, что он сделал произвольную ad hoc поправку — что на самом деле было не так, — и тогда отклонение света утратило бы то грандиозное значение, которое оно обрело в качестве предсказания.

Но война разразилась, так что предсказанное отклонение было подтверждено при чрезвычайно трагических обстоятельствах, когда целые государства были опустошены и деморализованы. Отклонившиеся звездные лучи осветили окутанный мраком мир и вновь открыли ему единство человечества, исчезнувшее, казалось, в небытие во время войны. Не удержавшись от соблазна соединить имя Эйнштейна с Германией, английская пресса с энтузиазмом сообщила об этом важном событии, вести о котором быстро распространились по всему миру, В декабре 1919 г. Эддингтон писал Эйнштейну из Англии:

«… вся Англия только и говорит, что о Вашей теории. Она произвела потрясающую сенсацию… Ничего лучшего с точки зрения научных связей между Англией и Германией и пожелать нельзя».

Судьба сделала неожиданный поворот. Едва заметно отклонившийся от своего пути звездный свет будто ослепил человечество, и внезапно Эйнштейн стал знаменит. Этот скромный и простой человек, отрешенно углубившийся в поиски космического совершенства, стал теперь для всего мира неким символом, предметом искреннего восхищения одних и столь же глубокой ненависти других.

9. ОТ ПРИНСИПИ ДО ПРИНСТОНА

Шумная популярность столь же озадачивала Эйнштейна, как его теория озадачивала обывателя. Его небольшая книга разошлась мгновенно, и сразу же появились переводы. Английский издатель попросил переводчика написать краткое объяснение для продавцов, которые столкнулись с отсутствием у широкой публики малейшего представления о том, что такое относительность. Многие полагали, что она каким-то образом связана с отношениями между полами.

11 февраля 1919 г. брак Эйнштейна закончился мирным разводом. Дети оставались на попечении Милевы, а Эйнштейн обязался содержать всех троих. Он согласился также передать Милеве деньги за Нобелевскую премию. Хотя премия еще не была ему присуждена, оба были убеждены, что рано или поздно это произойдет.

В годы войны Эйнштейн часто останавливался в Берлине в доме двоюродного брата своего отца, Рудольфа Эйнштейна. Жена его доводилась сестрой матери Эйнштейна. Таким образом, их дочь Эльза была его двоюродной сестрой с обеих сторон. Эльза и Альберт в детстве часто играли вместе в Мюнхене. Овдовев, Эльза жила в доме своего отца с двумя дочерьми — Ильзой и Марго. В 1917 г. у Эйнштейна было серьезное заболевание желудка, и, пока он не выздоровел, Эльза преданно ухаживала за ним. Они всегда были сильно привязаны друг к другу, а в июне 1919 г. поженились. Она относилась к Эйнштейну как к ребенку, да еще не от мира сего, и в некотором смысле он таким и был. Она защищала его от малейшего внешнего беспокойства. Однако от более глубоких жизненных огорчений никто не в силах был защитить Эйнштейна. Мать его умирала от рака. В конце 1919 г. она приехала с медицинской сестрой в Берлин, чтобы провести с сыном свои последние, омраченные адскими болями дни. Там она и умерла в феврале 1920 г. Эйнштейн был безутешен. В начале марта в письме Максу Борну, обратившемуся к нему за советом по поводу предложения переехать в Геттинген и занять там место профессора, Эйнштейн написал:

«… Не имеет значения, где ты живешь… Я же вообще не чувствую себя вправе давать советы, так как я нигде не пустил глубоких корней. Прах моего отца покоится в Милане. Свою мать я похоронил несколько дней назад здесь [в Берлине. — *Прим, перев.*]. Сам беспрестанно скитаюсь — и везде как чужак. Мои дети — в Швейцарии, так что приходится предпринимать немалые усилия каждый раз, когда я хочу увидеть их. Идеал для

такого человека, как я, — чувствовать себя *дома* везде, где со мной мои родные и близкие. Так что я не советчик Вам в этих делах».

В этом письме слышатся отголоски того, что он писал раньше. В 1919 г., как раз накануне официального объявления результатов наблюдения солнечного затмения, Эйнштейн ездил по научным делам в Голландию. По пути он провел несколько счастливых дней в семье Эренфеста. Благодаря его за гостеприимство, Эйнштейн писал: «Теперь мы будем тесно общаться. Уверен, что это принесет нам обоюдную пользу и что каждый будет чувствовать себя в этом мире менее одиноко, зная, что на свете существует другой».

Всемирная слава Эйнштейна принесла с собой моральные обязательства, от которых он не чувствовал себя вправе уклониться. Эйнштейн занимал уникальное положение, способствуя сглаживанию противоречий между народами. Война была жестока, а когда она окончилась, страсти все еще кипели — как среди побежденных, так и среди победителей. Так, в декабре 1919 г. Королевское астрономическое общество в Англии решило наградить Эйнштейна золотой медалью 1920 г., но «патриотически» настроенные члены общества собрали достаточное количество голосов, чтобы провалить его кандидатуру. Было принято решение вообще не присуждать в 1920 г. медаль общества. Лишь в 1926 г. Королевское астрономическое общество смогло наградить Эйнштейна золотой медалью.

В 1918 г. кайзер Германии отрекся от престола, и к власти пришло республиканское правительство. В записях Эйнштейна, относящихся к курсу лекций по теории относительности, которые он еженедельно читал в зимний семестр 1918/19 г., не упоминается о содержании лекции 9 ноября. Напротив этой даты у него записано «отменена в связи с революцией». За этой лаконичной фразой стоят бурные события, непосредственным (хотя и не главным) участником которых оказался сам Эйнштейн. Несостоявшаяся лекция пришлась на ту неделю, когда революционно настроенные студенты Берлинского университета объявили ректора лишенным своего поста и держали его под арестом. Эйнштейна попросили вмешаться в это дело, учитывая его симпатии к социализму и авторитет. Вместе со своими друзьями — Борном и психологом Максом Вертгеймером — Эйнштейн отправился к лидерам мятежных студентов. Его спросили, каких взглядов он придерживается. Не принадлежа к тем, кто виляет хвостом, когда дело доходит до принципов, Эйнштейн твердо заявил об опасностях, которые грозят

академическим свободам. Его слова пришлись мятежникам не по душе. Тем не менее они отослали Эйнштейна и его друзей к новому президенту Германии. Даже среди революционного хаоса имя Эйнштейна открывало все двери: президент прервал срочные дела для того, чтобы написать краткую записку, и тогда все быстро уладилось.

Революция значила для Эйнштейна много больше, чем могло бы показаться из его беспристрастной записи. Он приветствовал низвержение прусского милитаризма. И хотя потерпевшая поражение Германия все еще нестерпимо страдала от продолжающейся блокады государств Антанты, у Эйнштейна зародились большие надежды на будущее возрождение Германии. Он чувствовал, что вся сложившаяся ситуация призывала его проявить сочувствие новой немецкой республике. Поэтому, сохраняя столь драгоценное для него швейцарское подданство, Эйнштейн становится гражданином Германии, хотя и не без опасений. И когда Цангер и другие его друзья предприняли попытку добиться его возвращения в Цюрихский университет, а Эренфест, Камерлинг-Оннес и Лоренц соблазняли его Лейденом, Эйнштейн мягко отклонил все эти предложения. Ибо он знал, что превратился отныне в некий символ. В сентябре 1919 г. он писал Эренфесту: «…Я обещал [Планку] не покидать Берлин, пока обстановка здесь не ухудшится настолько, что сам Планк признает мой отъезд естественным и правильным… Было бы неблагодарностью, если бы я (не будучи вынужден, *частично* из-за материальных выгод) покинул страну, в которой осуществляются мои политические чаяния, покинул людей, которые окружали меня любовью и дружбой и для которых мой отъезд в период начавшегося упадка показался бы вдвойне тяжелым… (я как живые мощи, с которыми носятся, но не знают, что делать…)».

Однако Эйнштейн все-таки согласился стать внештатным профессором Лейденского университета, где каждый год он должен был читать лекции в течение нескольких недель.

По просьбе лондонской газеты «Таймс» Эйнштейн в 1919 г. написал статью о теории относительности. Статья была опубликована 28 ноября. В ней, в частности, говорилось:

«После печального периода, когда разорвалось активное общение между учеными, я охотно воспользовался возможностью выразить мое чувство радости и благодарности английским астрономам и физикам. С великими и гордыми традициями науки в вашей стране полностью согласуется то, что выдающиеся ученые должны были отдать много времени и сил, и ваши научные учреждения не останавливались перед большими

затратами, чтобы проверить смысл теории, которая была усовершенствована и опубликована во время войны в стране ваших врагов… Однако не следует думать, что великое творение Ньютона можно реально ниспровергнуть [теорией относительности] или какой-либо другой теорией. Его ясные и всеобъемлющие идеи навсегда сохранят свое уникальное значение как фундамента, на котором построено здание современной физики».

В конце статьи Эйнштейн добавляет следующее:

«*Замечание.* Некоторые утверждения в вашей газете, касающиеся моей жизни и моей личности, обязаны своим происхождением живому воображению журналистов. Вот пример относительности для развлечения читателей. Сейчас в Германии меня называют немецким ученым, а в Англии я представлен как швейцарский еврей. Случись мне стать bête noire, произошло бы обратное: я бы оказался швейцарским евреем для Германии и немецким ученым для Англии».

Слова Эйнштейна о Ньютоне шли от самого сердца. Они не были дипломатическим жестом. Дипломатия как раз была тем видом искусства, которым Эйнштейн со свойственным ему прямодушием владел неблестяще. Среди недатированных работ Эйнштейна есть следующее четверостишие, вероятно, написанное в 1942 г., когда торжественно и многословно отмечалось трехсотлетие годовщины со дня рождения Ньютона. Эйнштейн явно не предназначал эти строки для публикации. Он написал их просто для того, чтобы дать выход своим чувствам:

Seht die Sterne, die da lehren
Wie man soll den Meister ehren
Jeder folgt nach Newtons Plan
Ewig schweigend seiner Bahn.

Это четверостишие практически непереводимо. Однако можно передать его смысл следующим образом:

Взгляни на небеса, где звездный хоровод
По планам Ньютона свой проверяет ход.
Пред Мастером ты преклони главу — —
Ты мысль Гения увидел наяву.

Ныне стало возможным взглянуть на документ, написанный поверенным в делах Германии в Лондоне месяцев через девять после того, как статья Эйнштейна появилась в «Таймс». 9

сентября 1920 г. поверенный в делах докладывал в министерство иностранных дел Германии:

«Английские газеты опубликовали информацию о яростных [словесных] атаках [в Германии] на известного физика профессора Эйнштейна. Сегодняшняя „Морнинг пост“[30] сообщает даже о том, что профессор Эйнштейн намеревается покинуть Германию и отправиться в Америку. Хотя и в Англии прекрасно известно, что нет пророка в своем отечестве, тем не менее [словесные] нападки на профессора Эйнштейна [в Германий], а также проводимая [там] кампания против известных [английских] ученых… производят [здесь, в Англии] очень плохое впечатление. В особенности сейчас, когда профессор Эйнштейн считается первостепенным представителем культуры Германии, ибо имя его известно повсюду. Такого человека не следует выдворять из Германии. Мы могли бы эффективно использовать его имя в своей *культур*-пропаганде. Если же профессор Эйнштейн действительно вознамерится покинуть Германию, то в интересах Германии — убедить знаменитого ученого остаться».

Явно что-то произошло в Германии. Эйнштейн действительно подвергался там нападкам. Он всегда резко и открыто выступал против германского милитаризма; кроме того, ни его пацифизм, ни его сочувствие идеям социализма, ни его национальность, ни даже его слава — ничто не внушало симпатий к нему со стороны фанатичных немецких националистов. Отчаянно нуждаясь в оправдании поражения Германии, они обвиняли во всем пацифистов и евреев. Происходили ужасные вещи. В 1920 г. в Германии была организована хорошо финансированная антисемитская кампания. Цель ее — оклеветать Эйнштейна и принизить значение его теории относительности, которую называли не иначе как еврейской или коммунистической и уж во всяком случае отравляющей чистоту немецкой науки. Организаторы кампании не жалели денег. 25 августа они провели широко разрекламированный массовый митинг против теории относительности в зале Берлинской филармонии. Немецкие газеты тоже быстро включились в антирелятивистскую кампанию. Возмущенные этим митингом, Лауз, Нернст и Рубенс предприняли попытку противостоять безрассудству и сделали совместное заявление для печати. В нем они осуждали нападки на Эйнштейна, защищали теорию относительности и указывали на тот факт, что даже независимо от теории относительности ее создатель остается выдающимся физиком. Эйнштейн, присутствовавший на этом митинге в качестве зрителя и обычно вполне уравновешенный, был все же доведен до такого состояния,

что написал не слишком удачный ответ в прессу. Английские газеты отнюдь не преувеличивали, когда, к смущению поверенного в делах Германии, писали о нападках на Эйнштейна.

Профессор Ленард вновь появляется на страницах нашего повествования. Он получил Нобелевскую премию в 1905 г. — именно тогда, когда Эйнштейн так удачно воспользовался экспериментальными наблюдениями Ленарда над фотоэлектрическим эффектом. Отношение Ленарда к Эйнштейну граничило с обожанием. В 1909 г., например, он чрезвычайно экспансивно писал Эйнштейну, называя его «глубоким и дальновидным мыслителем» и признаваясь, что то письмо, которое Эйнштейн послал ему в 1905 г., с тех пор всегда лежит на его письменном столе. Но время и ход событий изменили Ленарда. Он стал одним из наиболее яростных хулителей трудов Эйнштейна; нападки с его стороны представляли особую опасность, поскольку исходили от авторитетного ученого. В кампании с другими учеными Ленард начал выступать против Эйнштейна на Конгрессе немецких естествоиспытателей в Бад-Наухайме в 1920 г. Нападки Ленарда носили антисемитский характер, но председательствовавший на сессии и предупрежденный заранее Планк сумел их в значительной степени предотвратить, хотя Ленард и Эйнштейн обменялись-таки резкими высказываниями в адрес друг друга. В будущем Ленард стал активным членом нацистской партии, и с годами его выпады против Эйнштейна становились все более яростными.

Осенью 1920 г. Эйнштейн отказался платить свой взнос в еврейскую общину Берлина. В качестве объяснения он написал: «Не настолько я себя чувствую евреем, чтобы соблюдать традиционные религиозные обряды». Вместо взноса он предложил ежегодно добровольно вносить определенную сумму на благосостояние общины. А когда ему напомнили, что по германским законам каждый еврей наравне с представителями других вероисповеданий облагается налогом своей местной религиозной общины, Эйнштейн ответил: «Никого нельзя принудить стать членом религиозной общины. Слава богу, те времена уже давно канули в Лету. Я заявляю раз и навсегда о своем намерении не вступать ни в какую религиозную общину… Я останусь вне связи с какой-либо религиозной группой». Спор затянулся до февраля 1924 г., пока Эйнштейн не согласился стать членом общины. Он это сделал, придя наконец к выводу, что данный шаг будет означать признание им еврейской культуры, а не религии.

Как только разнесся слух о предстоящей поездке Эйнштейна

в Америку, на его имя стали непрерывным потоком поступать телеграммы от руководителей научных учреждений. Эйнштейна наперебой приглашали прочесть лекции, нанести визит, принять академическую награду. Эйнштейн уже выступал в 1921 г. с лекциями в Праге и Вене, и прием был восторженный, но ведь эти города входили во время войны в Австро-Венгрию — союзницу Германии. Визит в Америку открывал новую стадию в восстановлении прерванных войной связей. Америка воевала против Германии, но, несмотря на это, американцы встретили чету Эйнштейнов так горячо и радушно, что Эйнштейн был просто поражен. 2 апреля 1921 г. репортеры буквально набросились на Эйнштейна на борту корабля, с которым он прибыл в Америку. Его официально приветствовал — прямо как отличившегося на войне соотечественника — мэр Нью-Йорка. Президент Гардинг пригласил его в Белый дом… И в довершение всего естественность, безыскусность Эйнштейна пришлись очень по душе простым американцам. Его тепло принимали в академических кругах. Колумбийский университет наградил его медалью, Принстонский университет присвоил ему почетное звание. Эйнштейн прочел там четыре лекции для специалистов, и они в виде книги были опубликованы в переводе на английский язык издательством Принстонского университета под названием «Сущность теории относительности». Книга эта выдержала шесть переизданий и до сих пор популярна. В Принстоне был устроен прием в честь Эйнштейна, и там его попросили прокомментировать непонятные результаты нескольких экспериментов, вступивших в противоречие как с релятивистскими, так и с дорелятивистскими концепциями. Вот тогда-то Эйнштейн и произнес знаменитую фразу — свое научное кредо. Это высказывание Эйнштейна случайно услышал американский ученый — специалист в области геометрии — профессор Освальд Веблен, который, вероятно, и записал ее. Некоторое время спустя, а именно в 1930 г., в Принстонском университете было построено специальное здание Математического института, и тогда Веблен связался с Эйнштейном и получил от него разрешение высечь это изречение на мраморной плите над камином в общей гостиной факультета. Так и было сделано. По-немецки оно звучит следующим образом: «Raffiniert ist der Herrgott, aber boshaft ist er nicht». Эту фразу можно перевести так: «Бог изощрен, но он не злонамерен».

В ответе Веблену Эйнштейн объяснял свою мысль — он имел в виду, что Природа скрывает свои тайны в силу возвышенности, а не из коварства.

На обратном пути из Америки Эйнштейн сделал короткую

остановку в Англии, где был приглашен прочесть лекции в Манчестерском университете и в Кингз-Колледже[31] в Лондоне. Антигерманские настроения все еще были сильны в Англии, так что никто не мог поручиться, что на лекциях не возникнут инциденты. Эйнштейн читал по-немецки — это был язык врагов, и тем не менее лекции были восприняты с энтузиазмом. Он совершенно покорял слушателей обаянием своей личности, естественностью, простотой, чувством юмора, безукоризненным владением предметом, а также неизъяснимым ощущением величия, которое исходило от него и которого не могли скрыть даже его застенчивость и скромность. На всем протяжении пребывания Эйнштейна в Англии он встречал прием, достойный истинно великого мыслителя. Манчестерский университет присвоил ему звание почетного доктора. В Лондоне Эйнштейны были почетными гостями государственного деятеля и философа лорда Холдейна. И в его доме, и в других домах Эйнштейн встречался со многими представителями аристократии Великобритании. В целом надежды и Холдейна, и Эйнштейна оправдались — приезд Эйнштейна явно способствовал делу международного сотрудничества.

В июне 1921 г. Эйнштейн возвратился в Германию, где вскоре после этого его имя было присвоено новой обсерватории: она стала называться «Башней Эйнштейна».

Среди ученых, приезжавших в то время в Берлин для работы с Эйнштейном, был и молодой венгр Лео Силард, вместе с которым Эйнштейн запатентовал изобретенный ими холодильный аппарат. Мы и в дальнейшем еще услышим о Силарде.

В марте 1922 г. благодаря усилиям прежде всего Поля Ланжевена (которому пришлось преодолеть сильное сопротивление людей, сохранивших враждебное отношение к Германии) Эйнштейн выступил в Париже в Коллеж де Франс. Он впервые читал лекцию во Франции, что уже само по себе говорит о том, сколь устойчивы последствия войны; не менее красноречивы предпринятые тщательные меры, призванные оградить Эйнштейна, если возникнет такая необходимость, от провокаций. Вот как вспоминает об этом Эйнштейн в письме, написанном в 1943 г.: «Именно [Вальтер] Ратенау [министр иностранных дел Германии] настоятельно посоветовал мне принять приглашение поехать в Париж — жест, по тем временам все еще считавшийся довольно рискованным». В Париже, где Эйнштейн встретился не только с учеными, но и с политическими деятелями Франции, он почувствовал, что его визит еще раз послужил укреплению международного сотрудничества. Кроме того, он с огромным удовольствием встретился со своим старым

другом Соловиным — членом Академии «Олимпия».

Эйнштейн был и интернационалистом, и евреем; в некоторых кругах Германии, как и во Франции, его поездка в Париж вызвала сильное озлобление. Даже среди коллег — немецких ученых — Эйнштейн ощущал возникшую на национальной почве отчужденность. На заседаниях они, бывало, не знали, садиться ли рядом с ним, — одни по внутреннему убеждению, другие — из страха показаться дружелюбно к нему настроенными.

На С Конгрессе естествоиспытателей, который должен был состояться в сентябре 1922 г. в Лейпциге, Эйнштейн должен был произнести вступительное слово. Однако Эйнштейн счел необходимым отменить свой доклад, и 5 июля 1922 г. писал из Киля Планку[32]:

«… Несколько достойных доверия людей предостерегают меня от появления в Берлине в ближайшее время и вообще от каких бы то ни было публичных выступлений в Германии. По-видимому, я принадлежу к числу тех лиц, против которых со стороны „народа“ готовятся покушения. Разумеется, прямых доказательств этому у меня нет, однако создавшееся ныне положение подтверждает правдоподобность опасений. Если бы речь шла о действительно важном выступлении, соображения такого рода меня бы не остановили. Но в данном случае это чистая формальность, и кто-нибудь другой (например, Лауз) с успехом может меня заменить. Затруднения возникли из-за того, что газеты слишком часто упоминают мое имя и тем самым настроили против меня сброд. Сейчас может помочь лишь терпение и… временное отсутствие. Прошу Вас об одном: отнеситесь к этому маленькому происшествию спокойно, как это делаю я…»

В течение некоторого времени Эйнштейн, вняв предостережениям, нигде не показывался в Берлине и отменил свои лекции. Но 1 августа 1922 г. он открыто появился на антивоенной манифестации в Берлине. Этим смелым поступком Эйнштейн показал, что не даст себя шантажировать. Так он вновь обрел свободу действий. Тем не менее в Лейпциге он не выступил.

В октябре 1922 г. по приглашению японского издателя Эйнштейн с женой отправились в Японию, где провели около полутора месяцев.

Германский посол в Японии прислал в Берлин доклад, в котором визит Эйнштейна сравнивался с триумфальным шествием. Где бы Эйнштейн ни появлялся, сразу же собирались толпы жаждущих взглянуть не него людей. Эйнштейн был принят императрицей. Газеты наперебой печатали репортажи о его

пребывании в стране, наполненные как фактами, так и вымыслом. На него посыпался дождь наград и всевозможных подарков. Сам же Эйнштейн был покорен изяществом японцев. Четверть века спустя — через двадцать пять трагических лет он живо вспоминал о своей поездке в Японию, говоря: «Я так полюбил этот народ и эту страну, что не мог сдержать слез при расставании». Эта поездка оказалась желанной передышкой после того напряжения, в котором пребывал Эйнштейн в Берлине после убийства Ратенау. Посол Германии в Японии, вначале несколько обескураженный порой неподобающе скромным одеянием Эйнштейна, затем расположился к нему и в официальных сообщениях в Берлин отмечал, что, несмотря на все те почести, которых был удостоен Эйнштейн, тот оставался скромным, дружелюбным и непретенциозным. По-видимому, Эйнштейн резко отличался от других приезжих знаменитостей, с которыми приходилось иметь дело послу.

За несколько дней до прибытия Эйнштейна в Японию пришло сообщение о том, что ему присуждена Нобелевская премия 1921 г. «за открытие закона фотоэлектрического эффекта и за его работы в области теоретической физики». Теория относительности в официальном решении не упоминалась. Ее все еще считали слишком спорной как с научной, так и с политической точек зрения, ибо понять ее было очень непросто, к тому же не были редкостью выступления против нее. Фотоэлектрический закон после экспериментального подтверждения его Милликеном стал в высшей степени надежным — и к тому же достойным — поводом для присуждения Эйнштейну премии.

Когда награжденный не может лично присутствовать на церемонии вручения Нобелевской премии, обычно посол его страны в Швеции принимает за него эту награду. Эйнштейн хотел, чтобы эту миссию выполнил посол Швейцарии, но в Германии воспротивились такому решению, понимая, какая это честь. В конце концов все разрешилось дипломатически — посол Швеции в Германии лично вручил Эйнштейну в Берлине диплом и медаль. А когда Эйнштейн читал, хоть и с запозданием, в Швеции свою речь по поводу получения Нобелевской премии, он пренебрег официальной формулировкой и говорил о теории относительности.

Эйнштейн продолжил свое «триумфальное шествие», приехав из Японии в Палестину.

Из Палестины он отправился в Испанию, где, по его шутливому выражению, продолжал «насвистывать любимую мелодию — на мотив теории относительности». Из Мадрида он с

женой поехал до французской границы поездом — в королевском вагоне, который король Испании предоставил в его распоряжение. Но к тому времени, когда они достигли Франции, намереваясь ехать прямиком в Берлин, Эйнштейн успел потерять всякое терпение от той помпы и шумихи, которые сопровождали его в этих путешествиях, и заявил жене: «Ты можешь делать все, что хочешь, но что касается меня, то *я* поеду третьим классом».

Когда они весной 1923 г. прибыли домой, в Европе уже наблюдались признаки опасного напряжения. Фашисты захватили власть в Италии. Пуанкаре — не математик и физик Анри Пуанкаре, а его двоюродный брат Раймон, премьер-министр Франции — послал войска в немецкий индустриальный центр Рур, чтобы принудить Германию выплачивать военные репарации. В результате Германия оказалась в тисках катастрофической инфляции, обесценившей немецкую марку, сводившей на нет сбережения людей и способствовавшей в конечном счете победе нацистов.

И все же и в эти, и в последующие годы Берлин был эпицентром «Золотого века» немецкого искусства и науки. В Берлине и находился по большей части Эйнштейн. Общеизвестна его любовь к музыке. Как-то в Берлине выступал пианист Иосиф Шварц. В концерте принял участие его сын Борис, тогда еще совсем юный и необыкновенно одаренный скрипач. Присутствовавший на концерте политический деятель направил их к Эйнштейну, будучи уверенным, что Эйнштейн заинтересуется молодым скрипачом. В назначенный день Борис начал играть на квартире Эйнштейна концерт Брука[33]. Аккомпанировал ему отец. Когда Борис дошел до лирического экспрессивного пассажа в первой части (Борис играл его с особым удовольствием), Эйнштейн внезапно воскликнул: «Ах, как же он любит свою скрипку». А в конце Эйнштейн с радостью достал свою скрипку, и они втроем сыграли сонаты Баха и Вивальди для двух скрипок и фортепиано. Так началась их многолетняя дружба, и не раз еще они музицировали вместе.

Небезынтересно мнение профессионального скрипача об игре Эйнштейна. Борис Шварц отмечал чистоту звучания с небольшим вибрато, причем Эйнштейну, по его словам, не нравилась чувственная вибрирующая модуляция, характерная для игры XIX в. Это полностью соответствовало его музыкальным вкусам. Эйнштейн любил музыку XVIII в., музыку таких композиторов, как Бах, Вивальди и Моцарт, особенно Моцарт. Бетховен же в его страстной — тональности до-минор был, по мнению Эйнштейна, чересчур эмоционально перегружен. Борис Шварц также добавил, что Эйнштейн отлично читал с листа и — как он тонко и удачно

отметил — «хорошо играл в ансамбле». Как свидетельствует Шварц, Эйнштейн играл необыкновенно вдумчиво, наклонясь вперед и погрузившись в музыку. Тогда в Берлине казалось, что Эйнштейн готов долгие часы без устали играть на скрипке. Борис Шварц действительно уставал намного раньше Эйнштейна. Чувствуя это, жена Эйнштейна обычно приходила ему на помощь, предлагая выпить чаю.

Сольвеевские конгрессы, прерванные на время войны, возобновились в 1921 г., но тогда Эйнштейн не смог принять в них участие из-за поездки в Америку. Осенью 1923 г., когда строились планы организации следующего Сольвеевского конгресса в Брюсселе, в Бельгии были все еще сильны антинемецкие настроения, ведь девять лет назад Германия нарушила нейтралитет этой страны. Узнав о том, что другие немецкие ученые не будут приглашены в Брюссель, Эйнштейн настоял, несмотря на возражения организаторов, чтобы не приглашали и его. Он заявил, что не примет участия в таком научном конгрессе, от участия в котором будут отстранены другие ученые только потому, что они немцы.

С годами Эйнштейн все более разочаровывался в деятельности Лиги Наций и в перспективах достижения мира путем международных соглашений. Он осознавал, что могучие силы уже сцепились в смертельной схватке, и просто разговорами их не побороть. Тем не менее, будучи членом Комитета интеллектуального сотрудничества, осуществляющего свою деятельность под эгидой Лиги Наций, Эйнштейн вместе с коллегами из других стран активно пытался достичь существенного сдвига, хотя, может быть, и не вполне достаточного, в деле международного сотрудничества. Впоследствии он так писал о деятельности этого комитета: «Несмотря на блестящий состав, это было самое неудачное мероприятие, в котором мне когда-либо доводилось участвовать».

В 1928 г. при посещении Швейцарии Эйнштейн слег с тяжелым нарушением сердечной деятельности. Его перевезли в Берлин. Лишь через несколько месяцев ему разрешили вставать, но силы его восстанавливались медленно. Как и прежде, Эйнштейн был страстным поборником пацифизма. Вот что он писал по этому поводу в печати в 1928 г.: «Никто не имеет морального права называть себя христианином или евреем, если он готов убивать по приказу свыше или если он позволяет вовлечь себя в той или иной форме в подготовку такого преступления».

А в феврале 1929 г., как раз накануне своего 50-летия, Эйнштейн сделал еще более откровенное и прямолинейное

заявление: «[В случае войны] я категорически отказался бы от любых связанных с нею действий, не желая потворствовать войне ни прямо, ни косвенно. Я бы постарался также убедить своих друзей занять такую же позицию, причем все это совершенно независимо от того, как я сам мог бы расценивать причины той или иной войны».

50-летие Эйнштейна наступило 14 марта 1929 г. и стало событием мирового значения, от которого он сам постарался уклониться. Представляя себе, во что выльется юбилей, Эйнштейн скрылся от навязчивого внимания благожелателей и от репортеров. Событие это не обошлось и без некоторых эксцентрических моментов. К примеру, в этот торжественный день в его берлинскую квартиру (откуда Эйнштейн «улизнул») хлынул поток поздравительных посланий и телеграмм. Но среди многочисленных посетителей оказался и мелкий служащий ведомства по сбору налогов. Он пришел без подарка, собираясь обсудить с Эйнштейном вопросы, связанные с начислением причитающихся налогов. Когда этому нежданному посетителю сообщили, что он попал на 50-летний юбилей великого человека, тот растерялся и удалился в совершеннейшем смущении, бесчисленное число раз извинившись за свою неловкость. Смущение налогового чиновника смело можно расценить как приятный и редкий в такой день экспромт.

Как известно, Эйнштейн любил отдыхать на яхте — он ходил под парусом по реке Хафель и озерам близ Берлина, наслаждался теплом, солнцем и уединением; мысли же его в это время были далеко — в странствиях по Вселенной. Берлинский муниципалитет принял решение оказать Эйнштейну честь и сделать подарок ко дню рождения — выделить участок земли и дом на берегу Хафеля. Увы, дом, который предназначался в дар Эйнштейну, оказался занятым. А когда еще две попытки выполнить обещание натолкнулись на нелепые препятствия, чиновники обратились за помощью к самому Эйнштейну. Они попросили его выбрать участок, который муниципалитет приобретет для него. Эльза Эйнштейн нашла прелестный зеленый участок на реке Хафель в деревне Капут вблизи Потсдама. Было получено официальное одобрение, и казалось, счастливый конец не за горами. Но вопрос об оплате участка и дома Берлинским муниципалитетом привел к политической возне, которая, к сожалению, приобрела характер кампании против Эйнштейна. К тому времени широкий жест с подарком утратил, прямо скажем, изрядную долю своего великолепия, и Эйнштейн, дабы положить конец затянувшемуся делу, формально отказался от несуществующего дара. При этом он выполнил уже заключенное

соглашение о покупке участка и потратил на это свои сбережения. На приобретенном таким образом участке земли началась постройка летнего дома.

Эта покупка истощила денежные накопления семьи, но казалась хорошим помещением средств. Пресловутое пренебрежение Эйнштейна к одежде и хорошим манерам больше подходило к идиллии деревенской жизни, чем к пребыванию в академических кругах в Берлине. Семья Эйнштейна любила проводить лето в Капуте, наслаждаясь своим домом на берегу реки.

Зиму 1930/31 г., как и следующую зиму, они провели в Соединенных Штатах. Там Эйнштейн в качестве приглашенного профессора читал лекции в Калифорнийском технологическом институте в Пасадене. Пригласил его туда Милликен, ставший директором этого института. Каждую весну Эйнштейн возвращался к своим обязанностям в Берлине, а каждое лето искал уединения в Капуте. Между тем осенью 1929 г. Нью-Йоркскую биржу охватила паника. Это было началом мирового экономического кризиса, страшного и продолжительного. Люди теряли работу; молодежь не могла найти ее. Повсюду только страдания, невзгоды и отчаяние, особенно в Германии, где сложилась прекрасная почва для расцвета демагогии. Богатые немецкие промышленники из страха перед революцией оказали серьезную финансовую поддержку нацистам. Они рассчитывали, что это движение не выйдет из-под их контроля, но они ошиблись. Примерно в это же время в Америке два филантропа — Луис Бамбергер и его сестра миссис Фульд — выделили крупную сумму Абрааму Флекснеру — деятелю просвещения, — с тем чтобы он реализовал свою мечту об основании Института высших исследований. Предполагалось, что под крышей этого Института соберутся выдающиеся ученые, чей труд будет прекрасно оплачиваться, формальных обязанностей у них не будет, так что они смогут полностью отдаться работе.

Частично благодаря финансовой поддержке немецких промышленников нацисты быстро обретали силу. К январю 1933 г. Гитлер стал канцлером Германии, а 23 марта — полновластным диктатором. Свобода слова, свобода как таковая остались в Германии лишь в воспоминаниях. Вместо свободы теперь царствовал террор.

Тем временем Эйнштейн весной 1932 г., как и раньше, отправился в Оксфорд. Туда приехал и Флекснер (они уже встречались однажды в Пасадене), чтобы обсудить будущее Института высших исследований. Однако на сей раз на ум Флекснеру пришла дерзкая мысль: не удастся ли склонить

Эйнштейна к работе в Институте? Он отважился затронуть этот вопрос в разговоре с Эйнштейном. В 1927 г. Эйнштейн отклонил весьма привлекательное предложение Веблена занять место профессора Принстонского университета. При этом он ссылался на то, что слишком стар, чтобы пускать корни на новой почве. Но теперь, предвидя, какое будущее ожидает Германию, Эйнштейн был склонен принять предложение Флекснера, хотя ему и не хотелось покидать своих немецких коллег.

Тем же летом Флекснер приехал в Капут для продолжения переговоров с Эйнштейном. Ему не терпелось довести дело до конца, ведь Эйнштейн был бы самой яркой звездой в Институте. Флекснер предложил Эйнштейну самому назвать сумму, которую тот пожелал бы получать в качестве зарплаты. Через несколько дней Эйнштейн назвал ему ту сумму, которую он считал разумной и которая, по его мнению, соответствовала его потребностям и славе. Флекснер был просто обескуражен. По американским стандартам она была мизерной. Он никак не мог предложить ее выдающимся американским ученым, которых собирался пригласить на работу. Кроме того, Флекснер не мог допустить и мысли о том, что другие ученые будут получать больше, чем Эйнштейн. Правда, сам Эйнштейн едва ли придал бы этому какое-нибудь значение. Когда Флекснер объяснил все Эйнштейну, тот нехотя согласился принять предложенную им сумму (значительно превышающую первоначально названную) и предоставил обсудить детали своей жене Эльзе, сведущей в таких делах. Договорились, что Эйнштейн будет проводить часть года в Институте, а остальную часть — в Германии, но не сразу, ибо Эйнштейн уже дал согласие в третий раз приехать зимой читать лекции в Пасадене. Когда на этот раз он запросил визу, небольшая группа американских «патриоток» выступила с шумным протестом по поводу его приезда в Соединенные Штаты на том основании, что он в душе коммунист. Эйнштейн едко парировал: «Никогда еще я не получал от прекрасного пола такого энергичного отказа, а если и получал, то не от стольких сразу.

Но разве они не правы, эти бдительные гражданки: разве можно открывать дверь человеку, который пожирает капиталистов с таким аппетитом, с каким греческий Минотавр пожирал в свое время прелестных греческих девушек, и который, сверх того, настолько низок, что отвергает всякого рода войну, кроме неизбежной войны с собственной женой. Поэтому обратите внимание на ваших умных и патриотических жен и вспомните, что столица могущественного Рима была однажды спасена гоготанием ее преданных гусей».

Сольвеевские конгрессы, проходившие в Брюсселе, способствовали возникновению тех замечательных дружеских отношений, которые сложились у Эйнштейна с королем Бельгии Альбертом и королевой Елизаветой. Отрывок из письма Эйнштейна к жене, в котором он описывает посещение королевской семьи в 1930 г., дает яркое представление о характере их взаимоотношений:

«… Меня приняли с трогательной теплотой и вниманием. И король и королева — люди редчайшей в наши дни чистоты и доброты. Сначала мы побеседовали с часок. Затем [королева и я] играли квартеты и трио [с одной музыкантшей из Англии и еще одной музыкантшей — фрейлиной королевы]. Так прошло несколько приятных часов. Затем они ушли, а я остался на обед [с королем и королевой] — вегетарианская кухня, никаких слуг. Шпинат и яйца вкрутую, картофель — вот и все. (Заранее не предполагалось, что я останусь.) Мне очень у них понравилось, и я уверен, что это взаимно».

Когда Гитлер пришел к власти, Эйнштейны были в Пасадене. Эйнштейн сразу же понял, что не сможет возвратиться в Германию, и в марте 1933 г. сделал резкое и решительное заявление, в котором публично объявил о своем решении. Он поехал в Бельгию, в крошечный курортный городок Ле Кок-сюр-Мер, где его в течение некоторого времени по приказу короля охраняли день и ночь два телохранителя. Распространялись слухи о попытках покушения на его жизнь.

Из многих стран начали поступать в адрес Эйнштейна теплые приглашения с предложением академических постов. В то же время нацисты объявили о конфискации его счета в банке, вклада его жены, а также любимого дома и участка в Капуте — несостоявшийся подарок Берлинского муниципалитета был теперь отобран государством. Труды Эйнштейна разделили участь других великих сочинений, сожженных под ликование наци в пламени костра — того костра, свет которого стал символом тьмы. По указу нацистов евреев изгоняли из научных учреждений, лишали работы, травили, обрекали на нищету. Немцы, осмелившиеся выступить против тоталитарного режима наци, рисковали оказаться в тюрьме, где их ожидали пытки и смерть.

28 марта 1933 г. Эйнштейн заявил о выходе из Прусской Академии наук, которая, как выяснилось позднее, уже собиралась исключить его. Он также предпринял некоторые шаги (второй раз в жизни) для того, чтобы отказаться от германского подданства. Уже после этого нацисты вспомнили об упущенном шансе и воспользовались своим правом официально лишить Эйнштейна

германского подданства. Впоследствии Эйнштейн с язвительным юмором сравнивал этот акт с публичным повешением трупа Муссолини после его казни.

Когда Прусская Академия наук готовилась исключить Эйнштейна из своего состава, ему предъявили обвинение в том, что он распространял за границей лживую информацию о Германии. После опровержения Эйнштейном этих обвинений они были взяты назад. Характер и дух тогдашней переписки Эйнштейна с Академией проявляется в следующем отрывке из его письма от 12 апреля 1933 г.:

«Вы далее упомянули о том, что если бы я со своей стороны выступил бы со „свидетельскими показаниями“ в защиту „немецкого народа“, то это произвело бы большое впечатление за границей. На это я отвечу, что выступить с тем заявлением, о котором Вы говорите, означало бы предать все те понятия справедливости и свободы, за которые я ратовал всю свою жизнь. Вопреки тому, что Вы говорите, подобное заявление пошло бы не на пользу немецкому народу, а лишь было бы на руку тем, кто пытается подорвать идеи и принципы, завоевавшие немецкому народу почетное место в цивилизованном мире. Выступив с подобным заявлением, я бы способствовал, пусть даже косвенным образом, падению нравов и уничтожению всех существующих культурных ценностей».

В те страшные дни многие члены Академии позволили себе заразиться «анти-эйнштейновской» лихорадкой, свирепствовавшей по всей стране. Многие, но не все. Устоял Лауз. Устоял Нернст. Устоял Планк. Более того, на пленарной сессии Прусской Академии наук, которая состоялась 11 мая 1933 г., через несколько недель после выхода из нее Эйнштейна, Планк сделал следующее смелое заявление:

«Я полагаю, что выражаю мысли как моих коллег по Академии, так и подавляющего большинства немецких физиков, когда говорю: господин Эйнштейн не просто один из многих выдающихся физиков; наоборот, господин Эйнштейн — это физик, чьи работы, опубликованные нашей Академией, были столь большим вкладом в физическую науку нашего столетия, что значение его можно сравнить только с достижениями Иоганна Кеплера и Исаака Ньютона…»

В те опасные времена нелегко было Планку сделать такое заявление. Всю свою жизнь он неизменно отдавал должное Эйнштейну, но этот случай, безусловно, заслуживает особого упоминания. Даже в эпоху господства нацизма Планк говорил правду, какой он себе ее представлял, и однажды Гитлер, разъярившись, прямо в лицо Планку сказал, что только

преклонный возраст спасает того от концентрационного лагеря.

В апреле 1933 г. Эйнштейн вышел из Баварской Академии (он был ее членом-корреспондентом). При этом он заявил: «…Ученые общества Германии, насколько мне известно, стали молчаливыми свидетелями того, как значительную часть немецких ученых, студентов и преподавателей в Германии лишили возможности работать и добывать себе средства к существованию. Я не имею ни малейшего желания принадлежать к любому ученому обществу, способному, пусть даже под давлением извне, вести себя подобным образом».

Это было до появления лагерей смерти. Но Эйнштейн уже был потрясен тиранией наци, приходил в ужас от опасности, угрожающей цивилизации со стороны вооружающейся до зубов тоталитарной Германии, готовой к войне и жестоким репрессиям. Всю свою жизнь Эйнштейн был откровенным пацифистом; вспомним его прямолинейные заявления 1928 и 1929 гг. — ведь они являют собой лишь несколько примеров его многочисленных страстных, бескомпромиссных заявлений в защиту пацифизма и пацифистских организаций во всем мире. Теперь же в Ле Кок-сюр-Мер Эйнштейн столкнулся с серьезной моральной дилеммой: после долгих душевных терзаний он пришел к решению, представлявшемуся ему наименьшим из двух зол. 20 июня 1933 г. к Эйнштейну обратились с просьбой высказаться в поддержку двух бельгийцев, отказывающихся от несения военной службы, и он обнародовал свое решение: «То, что я скажу, крайне удивит вас… Представьте себе оккупацию Бельгии нынешней Германией. Все будет значительно хуже, чем в 1914 г., хотя и тогда было достаточно плохо. Вот почему должен откровенно сказать вам: если бы я был бельгийцем, я бы в данной ситуации не отказался от военной службы; более того, я бы охотно пошел в армию с верой в то, что тем самым я помогаю спасению европейской цивилизации. Это не значит, что я отказываюсь от своих прежних принципов. Я совершенно искренне надеюсь, что еще наступит такое время, когда отказ от военной службы вновь станет действенным способом служения делу прогресса человечества».

Это заявление вызвало замешательство в рядах пацифистов во всем мире. Эйнштейн превратился в их глазах в вероотступника: он предал их общее дело. Но в 1935 г. он сказал: «В такие времена, как теперь, любое ослабление демократических стран, вызванное политикой отказа от военной службы, было бы равносильно измене цивилизации и человечеству». Несмотря на острую критику со стороны пацифистов всего мира, Эйнштейн продолжал проводить свою новую линию; да и другие известные пацифисты, в том числе Бертран Рассел, тоже отказались от

пацифизма.

В июне 1933 г. Эйнштейн поехал в Англию; в Оксфорде он прочел спенсеровскую лекцию. Она называлась «0 методе теоретической физики». С мудростью, выкристаллизовавшейся с годами, Эйнштейн подчеркивал, что «понятия и фундаментальные законы, лежащие в основе теоретической физики, — это свободные творения человеческого разума» и что они «образуют неотъемлемую часть теории, которая не поддается рациональной трактовке». Эйнштейн еще несколько раз выступил в Англии с научными докладами, после чего возвратился в Ле Кок. В конце лета 1933 г. Эйнштейн вновь в Англии. Он останавливается в Кроме, где пребывает в относительном уединении; потеряв счет дням, он увлеченно погрузился в работу. Вскоре он скажет, что идеальной для физика-теоретика была бы работа смотрителя маяка. Его письма из Крома показывают, что по крайней мере для Эйнштейна это было бы именно так. Он писал: «Здесь так спокойно: теперь я понял, как я бываю обычно завален делами». И еще: «Здесь я действительно наслаждаюсь покоем и уединением. И мыслишь и чувствуешь себя значительно лучше». В Англии Эйнштейн вел неофициальные беседы с важными государственными деятелями, в том числе с Черчиллем, об угрозе перевооружения Германии. А 3 октября 1933 г. Эйнштейн выступил на многолюдном митинге в поддержку основанного такими людьми, как, например, Резерфорд, Британского комитета помощи ученым — беженцам из нацистской Германии.

На этом заканчивается европейской период его жизни.

Он отправился в Америку со своей женой, с секретарем[34] и с ассистентом — профессором Вальтером Майером. Они прибыли в Америку 17 октября 1933 г. Приезд Эйнштейна отмечался как огромное событие. Почти сразу же по приезде супруги Эйштейн были приглашены президентом Рузвельтом в Белый дом. В следующую встречу, в январе, у Рузвельта и Эйнштейна нашлись общие интересы — это касалось любви к парусному спорту, о чем оба могли говорить с увлечением и со знанием дела. Говорили они также и об угрозе, нависающей над Европой. Для Института высших исследований Флекснер выбрал городок Принстон в штате Нью-Джерси. А пока здания Института не были еще готовы, Институт расположился в помещении Принстонского университета. Маленький университетский городок Принстон приютил Эйнштейна. Он продолжал открыто выступать против нацизма, но никаких особых мер для обеспечения его личной безопасности не предпринималось. Он без страха бродил по тихим улочкам Принстона. Жители были дружелюбны. Быть

может, то, что Эйнштейн полностью игнорировал условности, и удивляло их, но казалось им милым и привлекательным. В этом тихом и спокойном месте Эйнштейну суждено было провести остаток своих дней.

10. ВОЙНА И БОМБА

Оставим Эйнштейна в Принстоне и вернемся назад, чтобы рассказать — хотя в очень общих чертах — о выдающихся успехах, достигнутых в это время в атомной теории.

Как мы знаем, еще работая в Бюро патентов, Эйнштейн применил революционную идею Планка о квантах к теории света и к теории теплового движения молекул в твердых телах. На Сольвеевском конгрессе 1911 г. стало ясно — в основном благодаря работе Эйнштейна о теплоте, — что к квантам следует отнестись со всей серьезностью. Вполне очевидным стало и другое: отныне в физике мало что останется ясным. Идея квантов явно противоречила и теории Ньютона, и теории Максвелла; и не видно было никакого способа примирить новое со старым. Наука оказалась в глубоком кризисе — более глубоком, чем представлялось тогда.

Среди немногих избранных, принимавших участие в Сольвеевском конгрессе 1911 г. в Брюсселе, был уроженец Новой Зеландии Эрнест Резерфорд, признанный во всем мире ведущим специалистом по атомной физике. В то время он был уже лауреатом Нобелевской премии, которую получил за проведенные в Канаде исследования природы радиоактивности. Теперь он работал в Англии, где собрал вокруг себя в Манчестерском университете плеяду выдающихся исследователей. Будучи сам первооткрывателем в науке, Резерфорд получил истинное удовольствие от дискуссий о квантах, которые буквально раздирали участников конгресса, и по возвращении в Манчестер в таких ярких красках передал содержание этих споров молодому датскому физику Нильсу Бору, что этот рассказ запомнился Бору до конца его дней.

Несколько раньше, в том же 1911 г., Резерфорд представил на обсуждение физиков идею о том, что атом, наподобие миниатюрной солнечной системы, которую, однако, скрепляют электрические, а не гравитационные силы, состоит из крохотного ядра, имеющего относительно большую массу, и окружающих его планетарных электронов. Ставшее роковым открытие атомного ядра было блестящим образом обосновано экспериментально. Но предложенная Резерфордом модель атома имела существенный недостаток: в соответствии с теорией Максвелла она неизбежно распалась бы, ибо электроны не смогли бы оставаться на постоянных орбитах. Они должны были бы излучать энергию в виде электромагнитных волн и по спирали врезаться в ядро. Никак нельзя было рассчитывать на то, что они останутся

устойчивыми и дадут четкие спектральные линии, видимые в спектроскоп.

Положение спас вернувшийся в 1913 г. в Данию Нильс Бор. Эйнштейн к тому времени уже бросил Максвеллу вызов. Бор решил продолжить это сражение тем же оружием — квантами и дерзостью научной мысли. Главной задачей Бора было теоретически доказать, что атом Резерфорда не распадется. Представьте себе жалюзи. Если опустить их до определенной высоты, жалюзи останутся растянутыми. Особенность их устройства — прерывистость — мешает им снова свернуться в плотный рулон. В 1900 г. Планк ввел понятие квантовой прерывистости для определенных видов колебаний, представив допустимые количества энергии наподобие последовательности ступеней, а не гладкого скользкого склона. Эйнштейн быстро осознал перспективность и универсальное значение дискретности квантового излучения и, разработав теорию тепловых колебаний атомов в твердом теле, распространил эту идею в 1906 г. на другие виды колебаний. И наконец, в начале 1913 г. Бор перенес эту дискретность на атом Резерфорда, чтобы спасти его от разрушения.

Наперекор максвелловским правилам Бор решительно заявил, что электроны не только *должны* оставаться на постоянных орбитах, но и не будут при этом испускать излучение. Следуя далее своим еретическим путем, он допустил, что могут существовать не какие угодно орбиты, а только специальные. В результате этих властных эдиктов получился атом Резерфорда, но уже обладающий некоторой дискретностью. Пожалуй, даже предостаточной, ибо возникал вопрос: каким же образом атом все-таки излучает радиацию? Бор знал ответ на этот вопрос. Он заявил, что свет испускается или поглощается не тогда, когда электрон находится на орбите, а когда он совершает квантовый скачок с одной разрешенной орбиты на другую. Кроме того, он утверждал, что квантовое правило Планка связывает частоту света с изменением энергии электрона, причем соотношение *изменение энергии/частота* равно постоянной Планка h. Бор показал также, каким образом из введенных им положений, имевших более конкретную математическую форму, вытекают результаты, дающие весьма удовлетворительное сочетание с экспериментальными данными. И самое главное — хотя это могло быть осознано далеко не сразу: отказавшись от описания того, что происходит при квантовом переходе электрона, он проявил безошибочную интуицию.

Разработанная Бором теория атома Резерфорда стала одним из поворотных пунктов в физике. Она быстро принесла Бору

известность среди ученых. И все же было в этой теории слабое место: в ней переплелись и классические, и квантовые представления. Сам автор прекрасно это осознавал. Многим физикам, даже достаточно авторитетным, все это показалось поначалу полнейшей бессмыслицей. В 1958 г. Бор, вспоминая это время, выразился весьма мягко: «За пределами манчестерской группы [мои идеи] были восприняты с большим скептицизмом». Теория Бора и в самом деле вполне может быть преподнесена как явный вздор. Вдохновенный вздор. Чудо интуиции. Но пусть об этом скажет сам Эйнштейн. Осенью 1913 г. он назвал работу Бора «одним из величайших открытий» и с особым восхищением подчеркнул «грандиозное достижение» датского ученого, связавшего световое излучение с квантовыми переходами электронов, а не с их колебаниями, как это было принято считать с позиций максвелловской и даже квантовой теорий. В «Автобиографических набросках», написанных спустя тридцать лет, когда теория Бора уже давно уступила место новым идеям, Эйнштейн вспоминал об этих годах, предшествовавших первой мировой войне: «Все мои попытки… полностью провалились. Это было так, точно из- под ног ушла земля, и нигде не было видно твердой почвы, на которой можно было бы строить. Мне всегда казалось чудом, что этой колеблющейся и полной противоречий основы оказалось достаточно, чтобы позволить Бору — человеку с гениальной интуицией и тонким чутьем — найти основные законы спектральных линий и электронных оболочек атомов, объясняя их значение для химии. Это кажется мне чудом и теперь. Это — наивысшая музыкальность в области мысли».

В 1900 г. при выводе своей формулы излучения абсолютно черного тела Планку не удалось избежать смешения квантовых и максвелловских идей, несмотря на существовавшие между ними противоречия. В 1916 г. Эйнштейн нашел новый способ (основанный на квантовых представлениях) обходиться, по существу, без понятий, определенных в максвелловской теории электромагнетизма. Успех теории Бора продемонстрировал, что по крайней мере в том, что касается внутренней энергии, атом можно сравнить с лестницей, т. е. с рядом ступеней или уровней. Существование этих энергетических уровней в атоме было фактически подтверждено прямым экспериментом, и Эйнштейну стало ясно, что в любом случае, какая бы судьба ни постигла теорию Бора со всей — увы — присущей ей мешаниной противоречивых представлений, идея о наличии энергетических уровней, безусловно, сохранит свое значение. Исходя из этого, он избрал эту идею в качестве прочного фундамента для своей дальнейшей работы. Использовав вероятностные соображения и

далее обойдясь без предположения о существовании фотонов, он обнаружил, по его собственному выражению, «поразительно простой» вывод формулы Планка для излучения абсолютно черного тела. Ему удалось даже больше: вскрылась, например, прямая связь с основной формулой теории Бора. Эйнштейн с трудом скрывал восторг, увидев, как хорошо все подходит одно к другому. Отдавая свою работу для публикации, он написал: «Она прельщает своей простотой и универсальностью». Здесь не было преувеличения. Это было вполне в духе Эйнштейна. Он справедливо относил это исследование к своим лучшим работам. Оно оказало огромное влияние на Бора, а тем самым и на весь ход развития квантовой физики.

Основная идея несложна. Эйнштейн рассматривал газ, состоящий из одинаковых атомов. Для простоты представим себе, что эти атомы обладают всего двумя энергетическими уровнями, и будем с самого начала говорить о частицах света — фотонах, — хотя у Эйнштейна не было в этом нужды. Представим себе далее, что все фотоны обладают энергией, величина которой в точности соответствует разности этих уровней. Назовем атом, находящийся на нижнем уровне, «пустым», а атом на верхнем уровне — «заполненным». Таким образом, когда пустой атом поглощает фотон, он становится заполненным, а когда заполненный атом испускает фотон, он становится пустым.

А теперь вместе с Эйнштейном сформулируем три простых правила, вернее, сначала два, а через некоторое время третье. Все три правила представляют собой квантовые аналоги соответствующих процессов, описанных Максвеллом. Пустой атом останется пустым до тех пор, пока на его пути не встретится фотон. Заполненный атом рано или поздно *самопроизвольно,* без какого-либо возбуждения извне испустит фотон. Не имея адекватных данных о внутренних процессах в заполненном атоме, мы не можем прогнозировать, когда именно он испустит фотон. А потому мы допускаем, что при большом числе атомов и фотонов эмиссия квантов света происходит в случайные моменты, так что можно описать эту случайность вероятностной формулой. Статистическими формулами такого рода пользовались Резерфорд и другие ученые при исследовании радиоактивного распада атомных ядер.

Итак, пока что мы имеем два процесса. Во-первых, пустые атомы поглощают оказавшиеся в непосредственной близости фотоны. А, во-вторых, заполненные атомы самопроизвольно испускают в непредсказуемые моменты времени фотоны. (Этот процесс известен под названием *спонтанная эмиссия*.) Мы хотим, чтобы поглощение и эмиссия фотонов находились в равновесии.

Но с помощью лишь двух вышеизложенных правил мы не придем к формуле Планка для излучения абсолютно черного тела. Эйнштейн понял, что для получения этой формулы нужен некий третий процесс. Представим себе, что заполненный атом сталкивается с фотоном. Он уже заполнен и не может поглотить еще один фотон. Тут мы, вероятно, сделали бы вполне закономерный вывод, что в этом случае ничего не произойдет. Однако Эйнштейн предположил, что заполненный атом попытается, так сказать, поглотить дополнительный фотон, а в результате ему не только не удастся это, но он еще и потеряет собственный фотон и превратится, таким образом, в пустой атом. Все это напоминает басню Эзопа с неизбежной моралью в конце, и тем не менее третий процесс имеет первостепенное научное значение. Он получил название *индуцированной,* или *вынужденной, эмиссии.* Здесь уместно отметить, что через три с половиной десятилетия индуцированная эмиссия стала находить практическое применение. Именно она лежит в основе действия лазера, который уже на сегодняшний день достаточно широко применяется в медицине и промышленности. Индуцированная эмиссия делает возможным и изобретение в военных целях смертоносного луча, способного уничтожить все, на что он будет направлен: людей, танки, самолеты и даже атомную бомбу. Нечто в этом роде вполне может стать оружием третьей мировой войны, если она разразится, и будет в таком случае создано на основе исследований в области квантов, проводя которые (в Берлине в годы первой мировой войны) Эйнштейн преследовал лишь чисто научные, эстетические цели.

Эта необычная история имеет еще много других скрытых сторон. Об одной из них нам хотелось бы коротко сказать. Вскоре была опубликована еще одна статья, в которой Эйнштейн продолжил исследования квантовых процессов в более широком масштабе. Он выдвинул неопровержимые доводы в пользу того, что кванты света следует рассматривать как частицы, обладающие энергией и импульсом, — что-то наподобие пуль. Доводы эти действительно были столь неотразимы, что он смело заявил в своей статье: «…излучения в форме… волн не существует». В самом деле, схожесть поведения квантов света с пулями была в 1923 г. эффектно подтверждена экспериментально. Но и свидетельства в пользу световых волн оставались убедительными, так что в 1922 г. и Бор (как раз в том году он получил Нобелевскую премию), и другие ученые все еще с большим недоверием относились к эйнштейновской идее о частицах света. В каком-то смысле Бор так никогда и не принял ее.

Первая встреча Эйнштейна с Бором произошла в 1920 г., когда Бор был приглашен в Берлин с лекциями о своей теории строения атома. Сразу же по приезде между ним и Эйнштейном завязалась оживленная дискуссия, доставившая обоим немало удовольствия и заполнившая каждую их свободную минуту от первого до последнего дня пребывания Бора в Берлине. Такой, собственно, и должна была быть эта первая встреча двух великих людей: оба относились друг к другу с величайшим уважением, оба были поглощены разрешением сложнейших, запутанных проблем, стоявших перед теоретической физикой. После отъезда Бора из Берлина Эйнштейн писал ему 2 мая 1920 г.: «Редко случалось мне в жизни встречать человека, одно присутствие которого приносило бы такую радость, какой была радость общения с Вами. Теперь я понимаю, отчего Вас так любит Эренфест». Бор отвечал: «Для меня встреча и беседы с Вами были одним из самых знаменательных событий в моей жизни. Вы не можете представить себе, каким великим стимулом было для меня знакомство с Вашей точкой зрения… Я никогда не забуду наши споры по дороге из Далема к Вашему дому…»

В 1922 г. Бор уже стал гордостью Дании, директором Института теоретической физики, который был учрежден в Копенгагене специально для него. Этот Институт стал всемирно признанным центром по развитию атомной теории. Из многих стран стекались в Копенгаген молодые и полные энтузиазма теоретики. Когда впоследствии многие из них в шутку говорили, что официальным языком в Институте был ломаный английский, то в этом, вероятно, была большая доля правды.

Что же касается Резерфорда, то он, как в свое время Максвелл, стал директором знаменитой Кавендишской лаборатории в Кембриджском университете. Теоретик Бор и экспериментатор Резерфорд поддерживали тесную связь, и под их вдохновенным руководством атомная физика шла вперед семимильными шагами.

Тем не менее не далее как в 1922 г. теория Бора столкнулась с серьезными трудностями. Все — и в первую очередь сам Бор — понимали, что эта теория была лишь продуктом переходного периода в развитии физики. Бор проявил большую изобретательность и расширил ее рамки, введя «принцип соответствия» (запомним этот термин). Это придало ей новую поддержку со стороны неквантовой, классической физики. Однако принцип соответствия имел все признаки временной меры. Становилось ясно, что теория Бора почти исчерпала свои ресурсы, и, поскольку не было, казалось, даже намека на другую теорию, способную занять ее место, теоретики атомной физики

пребывали в состоянии глубокой безысходности.

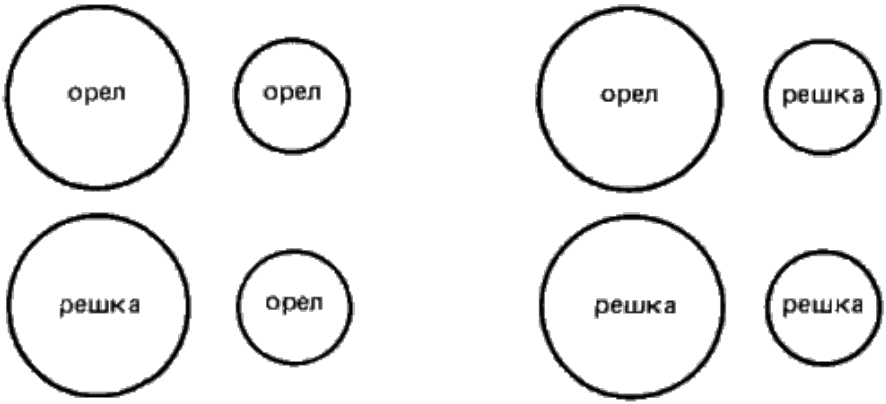
Но вскоре словно внезапный взрыв смел все препятствия к дальнейшему прогрессу. Как выяснилось, необходимые намеки имелись-таки в достаточном количестве, и всего за несколько лет напряженных и беспорядочных поисков вся картина преобразилась. Не пытайтесь во что бы то ни стало разобраться в том, что последовало далее. В общих чертах это рассказ о нагромождении событий и самых невероятных интерпретаций, которые способны были поставить в тупик даже величайшие умы. И если это и впрямь покажется лишенным всякой упорядоченности, то по крайней мере поможет создать какое-то впечатление о тех судорожных усилиях, которые предпринимали ученые, пытаясь найти выход из создавшегося положения.

Когда французский физик Морис де Бройль вернулся со знаменитого Сольвеевского конгресса 1911 г., его рассказы о возникших на этом конгрессе дискуссиях взволновали его младшего брата, Луи де Бройля, пожалуй, еще сильнее, чем рассказ Резерфорда об этом конгрессе — молодого Бора. И загадка квантов, и противоречивые факты, подтверждающие, с одной стороны, корпускулярное, а с другой — волновое строение света, не давали покоя Луи де Бройлю, и он между 1922 и 1924 гг. разработал фантастическую на первый взгляд теорию. Свет, считал де Бройль, состоит из частиц, сопровождаемых и направляемых волнами. И — что еще важнее, — по его мысли, точно так же сопровождаются волнами электроны, причем эти волны распространяются со скоростью, превышающей скорость света. Это вполне может показаться неправдоподобным. Да и в самом деле, предложенная де Бройлем интерпретация разработанного им математического аппарата не выдержала проверки, зато ему удалось наглядно объяснить с помощью волн разрешенные электронные орбиты Бора.

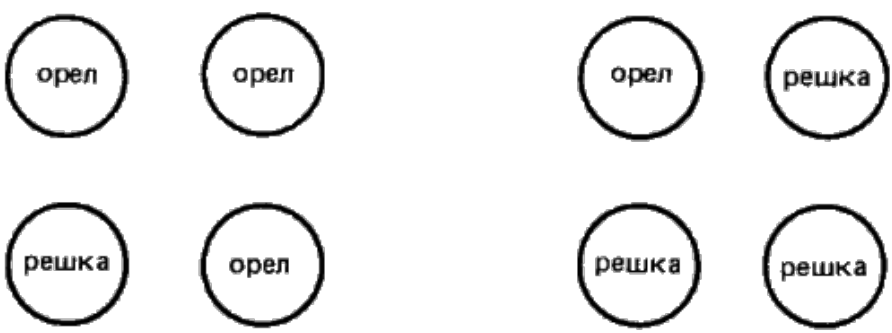
Редкостной проницательностью обладал человек, который принял идеи де Бройля всерьез. Это был Поль Ланжевен. Он и сообщил о работе де Бройля Эйнштейну.

Случилось так, что незадолго до этого Эйнштейн и сам имел прекрасный случай проявить свою несравненную физическую интуицию. Не известный ему до тех пор индийский физик Ш. Н. Бозе прислал ему свою рукопись. Однако, прежде чем мы о ней расскажем, попробуем ответить на простой вопрос: если подбросить десятицентовую и двадцатипятицентовую монетки, каковы шансы на то, что выпадут два «орла»? Эта элементарная задачка без труда решается в теории вероятностей. Существуют четыре возможности, и все они в равной степени вероятны. Лишь в одном из этих четырех вариантов выпадают два «орла». Поэтому

можно ожидать, что при достаточно долгом подбрасывании монет пара «орлов» будет выпадать в среднем в четверти случаев. Итак, шансы один к четырем, и вероятность составляет **1/4**.



Представим теперь, что мы подбрасываем два новеньких десятицентовика. Очевидно, шансы на выпадение двух «орлов» должны остаться теми же, т. е. один к четырем. Вообще сохраняются в точности те же четыре возможности, однако две из них теперь одинаковы, а именно: когда одна монета упадет «орлом», другая «решкой». Это наводит нас на мысль, что имеются всего три различающихся между собой случая: два «орла», «орел» и «решка», и две «решки». В результате мы можем прийти к ошибочному выводу о том, что шансы на выпадение двух «орлов» составляют не один к четырем, а один к трем. Допустить подобную ошибку действительно нетрудно, но позорна она только для специалистов.



Когда теория вероятностей делала лишь первые шаги, в такого рода ловушку попадали даже именитые математики. Чтобы этого избежать, нужно представить, что монетки помечены, и их можно отличить друг от друга.

А теперь вернемся к рукописи Бозе. Он отошел от представления о квантах света с точки зрения электромагнитной

теории, рассматривая их просто как частицы. К этим частицам он применил статистические методы, используемые в газодинамике. Кванты света, обладающие равной энергией, так же неразличимы, как новенькие десятицентовики. Что, если их невозможно отличить один от другого? Что, если на них невозможно поставить метки? Что, если намеренно допустить ошибку в счете, против которой нас предостерегали? Что произойдет в этом случае? В этом случае, показал Бозе, знаменитую формулу Планка для излучения абсолютно черного тела можно вывести новым способом.

Если же не допускать ошибку, формулу Планка получить нельзя. Эйнштейн сразу почувствовал важность идеи Бозе. Он сам перевел рукопись Бозе на немецкий язык и приложил усилия, чтобы напечатать ее в одном из немецких научных журналов. Но это еще не все. С поистине пророческой интуицией (не зря ведь эта концепция стала известна под названием статистики Бозе — Эйнштейна) Эйнштейн развил идею Бозе и перенес его метод подсчета вероятностей на случай газа, состоящего из неразличимых между собой частиц вещества. Вот почему, когда Эйнштейну стало известно, что и де Бройль единообразно рассматривает свет и материю, это сразу же привлекло его внимание. Хотя идеи де Бройля казались «безумными» (как вскоре после этого сам Эйнштейн заметил Борну), Эйнштейн сумел оценить все их значение. Вследствие этого во второй статье, посвященной развитию идей Бозе и относящейся к 1925 г., Эйнштейн не только применил идею де Бройля, но и привлек к его работе внимание физиков[35].

Эйнштейн знал, что его слово пользовалось колоссальным влиянием среди ученых, и все-таки даже он едва ли мог предполагать, сколь быстрый, впечатляющий отклик получит его рекомендация идеи де Бройля. Результаты не замедлили сказаться. В начале 1926 г. австрийский физик Эрвин Шредингер, работавший в Цюрихском университете, приступил к публикации разработанной им атомной теории, на долю которой выпал величайший успех. Его теория была тесно привязана к уравнениям Ньютона, но тем не менее материя рассматривалась в ней не как частицы (пусть даже сопровождаемые волнами), а исключительно как волны — идеально гладкие волны, причем не в обычном пространстве, а в абстрактных математических Пространствах, способных иметь множество измерений.

Тем временем в июне 1925 г. двадцатитрехлетний немецкий физик Вернер Гейзенберг уже приступил к созданию не менее успешной атомной теории, избрав совершенно иной Путь. Он не признал представления об электронных орбитах, потому что они

ненаблюдаемы, и вообще отказался от изображения внутриатомных процессов с таких позиций. Он взял на вооружение чисто абстрактный подход и в ходе анализа давно известных фактов об атомном спектре обнаружил основания для далеко не тривиального вывода: математический аппарат атомной теории может быть достаточно близок к уравнениям Ньютона, однако при этом *X,* помноженное на *Y*, не то же самое, что *Y,* помноженное на *X*.

К счастью, Гейзенберг был ассистентом Борна в Геттингенском университете, а Борн был достаточно проницательным физиком, чтобы отнестись к его идеям серьезно. Борн вместе со своим сотрудником Паскуалем Иорданом с большой энергией взялись за развитие концепции Гейзенберга, и уже к ноябрю им втроем удалось придать теории законченный вид. Независимо от них к тому же результату — но только избрав удобный путь — пришел английский физик Поль Дирак из Кембриджского университета. Как и Гейзенбергу, ему в ту пору было двадцать три года.

В июне 1926 г. Борн осуществил тот решительный шаг в развитии физики, за который по прошествии долгого времени ему была присуждена Нобелевская премия. Он предложил новую интерпретацию теории Шредингера — к немалому, следует заметить, огорчению и досаде последнего. Отталкиваясь от давней попытки Эйнштейна привести в соответствие волновые и корпускулярные свойства света, Борн предположил, что волны Шредингера не были волнами материи, как представлялось Шредингеру, а, скорее, волнами вероятности[36], связанными с материальными частицами.

Давайте прервем на время наше чрезвычайно запутанное повествование, чтобы задать вопрос: что же послужило для де Бройля и Гейзенберга источником, из которого они почерпнули вдохновение для своих оригинальных идей и мужество для того, чтобы взяться за их математическую разработку? С психологической точки зрения роль первопроходца играть нелегко. Для этого необходимо обладать огромной верой в свою правоту и незаурядной силой духа. Почти закончив основные вычисления, Гейзенберг, например, самым серьезным образом колебался, не лучше ли будет попросту бросить их в огонь. Надо признать, что для спасения атомной теории действительно нужны были героические усилия. Однако отчаяние лишь подстегивало ученых к новым поискам. Само же по себе оно было плохим руководителем.

Идеи де Бройля брали свое начало непосредственно из эйнштейновской идеи световых квантов, а еще точнее — из его

специальной теории относительности. Эта теория имела важное значение и для Гейзенберга. Смелость, с которой Эйнштейн отверг существование абсолютной одновременности, придала Гейзенбергу решимость заявить об отрицании ненаблюдаемых орбит. Более того, одной из путеводных нитей для него послужила проведенная Эйнштейном в 1916 г. работа — та самая, которая в конечном счете привела к созданию лазера. Однако влияние Бора сыграло первостепенную роль: год, проведенный Гейзенбергом в Копенгагенском институте, немало вдохновил его на смелые исследования. Идея Гейзенберга явилась непосредственным результатом принципа соответствия, с помощью которого Бору удалось расширить рамки своей теряющей силу теории. В предсмертных муках эта теория дала жизнь теории Гейзенберга, что можно отнести к величайшей из многих ее заслуг.

Идеи де Бройля и Гейзенберга отличались необычайной оригинальностью. Тем не менее исследование де Бройля настолько органично вытекало из теории относительности и концепции квантов света, что можно, пожалуй, только удивляться тому, что Эйнштейн не сделал сам этого решительного шага. И точно так же выводы Гейзенберга столь очевидным образом вытекали из принципа соответствия Бора, что не менее удивительно, почему Бор тоже не сделал этого решительного шага сам. Однако пусть наше запоздалое удивление не приведет к преуменьшению в наших глазах грандиозности этих поразительных достижений. Де Бройль и Гейзенберг, так же как и Шредингер, заслуженно получили Нобелевскую премию.

Исходя именно из этого, можно взглянуть на все и с другой стороны. Ведь концепции де Бройля — Шредингера — это дань интуиции Эйнштейна; точно так же теория Гейзенберга — дань интуиции Бора. Так оно и должно было быть, ведь Бору и Эйнштейну — этим двум столпам физики — суждено было вступить в длительную борьбу, в ходе которой каждый из них отстаивал свою интерпретацию новой теории.

Мы умышленно употребляем слово «теория» в единственном числе. Дело в том, что Шредингер — да и не только он — обнаружил математическую связь между двумя теориями и показал, что они, в сущности, эквивалентны. С точки же зрения вероятностной интерпретации Дирак и независимо от него Иордан вскоре определили, что они представляют собой лишь разные аспекты одной и той же более общей теории, известной под названием *квантовой механики.* Эта теория остается и в наши дни подлинно современной.

Волны вероятности в многомерных пространствах? *X,*

помноженное на *Y*, не то-же самое, что *Y*, помноженное на *X*? И, как выяснилось, эти две идеи связаны между собой? К чему же идет мир — квантовый мир? Физики того бурного времени поистине едва успевали перевести дух. Они попали в самый разгар научной революции, которая назревала с самого начала нового столетия. И если мы хотим хоть в какой-то мере испытать то, что испытывали они под ударами ошеломляющих событий, в изобилии обрушившихся на их головы, нам следует прервать досужие рассуждения и решительно двинуться вперед. Как и им, нам предстоит принять на себя новые удары. В 1927 г. по-прежнему воодушевленный смелостью замысла, отличающего эйнштейновскую специальную теорию относительности, Гейзенберг сформулировал далеко идущий принцип, который придал яркую наглядность нетривиальным математическим следствиям квантовой механики.

Чтобы мы могли в темноте увидеть черную кошку, на нее должен упасть луч света. Иными словами, мы должны «бомбардировать» ее квантами света. Значит, фотоны будут, сталкиваясь с кошкой, наносить ей удары. Если рассматривать тела привычных нам по повседневной жизни размеров, то этими ударами, вообще говоря, можно вполне пренебречь. Однако в микроскопическом царстве атома все обстоит далеко не так. Возьмем, к примеру, электрон. Увидеть его невозможно, настолько ничтожно мала его величина. Проведем, однако, мысленный опыт: чтобы осуществить четкое наблюдение электрона, нужен свет, и поток фотонов обрушится на электрон, образно говоря, как град пуль, обильно поражающих наш объект наблюдения. Гейзенберг пришел к выводу, что из-за обусловленных наблюдениями столкновений на квантовом уровне мы не можем в одно и то же время точно знать, где находится частица и как она движется. Чем точнее мы будем измерять ее координаты, тем менее точно сможем измерить ее импульс, и наоборот. Таков — в весьма общих чертах — принцип неопределенности Гейзенберга. Возможно, он не кажется таким уж радикальным. Однако не будем торопиться и посмотрим, что из него следует.

Если в определенный момент времени мы не можем с точностью знать и координаты, и импульс частицы, то мы лишены информации, необходимой для предсказания местоположения этой частицы через какое-то время. Таким образом, будущее перестает быть детерминированным: причинность на квантовом уровне становится случайностью.

Этот вывод нанес классической физике удар куда более сокрушительный, чем отрицание Эйнштейном абсолютной

одновременности. Он гораздо сильнее подрубает дерево ее традиций. В самом деле, если будущее не детерминировано, мы с полным правом можем недоумевать, каким же образом способна существовать такая вещь, как традиционная наука? Но не все обратилось в хаос. От детерминированности все-таки кое-что осталось; правда, это «кое-что» достаточно трудно уловить, испытав при этом радость понимания. Попытаемся изложить суть этого «кое-что» следующим образом: между наблюдениями волны вероятности распространяются детерминированно. Благодаря этому становится возможным прогнозирование вероятностей; в случае же обычных тел — планет, снарядов и т. п. — эти вероятности фактически превращаются в определенности, так что неопределенность их движения становится незаметной для нас.

Все эти идеи вызывали у ученых чувство растерянности. Многие испытывали благоговейный трепет перед столь быстро и успешно развивающейся квантовой механикой, которую со всеми ее прекрасными математическими построениями, казалось бы, раздирали физические противоречия. Как же отнестись ко всему этому? И какой смысл — если все это не бессмыслица — можно из этого извлечь? В 1927 г. Бору удалось предложить ответ на эти вопросы, и вместе с идеями Борна и Гейзенберга его ответ лег в основу той интерпретации, которая получила известность как «копенгагенская интерпретация». Бор призвал на помощь концепцию, которой дал название *дополнительности.* Предлагаемое нами изложение этой концепции, по поводу некоторых деталей которой ученые, видимо, так и не пришли к общему мнению, можно рассматривать лишь как попытку сделать весьма грубый набросок с картины, написанной с подлинно тонким мастерством. Отметим прежде всего — теперь уже нет нужды делать на этом особое ударение, — что квантовый мир атома трудно представить наглядно с помощью обычных терминов. Бор выдвинул смелое предположение, что такого простого и привычного способа представления этого мира не существует вовсе. При проведении квантового эксперимента мы начинаем с установки приборов, которые, как правило, настраиваются поворотом ручки и считыванием показаний стрелок. Завершается эксперимент столь же привычной регистрацией показаний приборов. Таковы наши начальные и конечные действия в обычном, будничном, неквантовом мире. Мы вынуждены совершать эти действия при экспериментировании и не можем их избежать. Тем не менее на основе таких вот экспериментов, будучи привязаны двойным узлом к привычному и хорошо известному, мы пытаемся представить себе неведомый квантовый мир атома. Этот мир, утверждал Бор, столь далек от

нашего нормального опыта, что для наглядного его представления было бы совершенно недостаточно нарисовать одну общепонятную картину. Мы вынуждены прибегнуть к двум противоречивым и в то же время дополняющим друг друга изображениям. Пусть вас не смущает противоречивость волновой и корпускулярной картин. Обе они необходимы. Они просто друг друга дополняют и на самом деле не содержат противоречия с точки зрения физики. Подобно тому как нет никакого противоречия в столь разнящихся между собой картинах дневного и ночного неба, так нет никакого противоречия и в том, что в одних экспериментах проявляется волновое поведение электронов, а в других — их корпускулярные свойства. Этот конфликт существует лишь в нашем воображении, поскольку мы стремимся получить одну-единственную простую и привычную картину внутриатомного мира, а ее на самом деле не существует. Для наших изображений необходимы не только волны, не только частицы, но и такие детали, как координаты и импульсы электронов, несмотря на вскрытую Гейзенбергом кажущуюся их противоречивость. И снова, чтобы получить точное изображение в пространстве и во времени, мы вынуждены отказаться от строго детерминистского подхода. И наоборот: мы должны, говорил Бор, смириться с этой всепроникающей дополнительностью; избежать ее мы не можем — в принятии этой неизбежности содержится спасительный выход.

Какова же была позиция Эйнштейна? Все это ему не нравилось, поскольку шло вразрез с тем, что подсказывал ему научный инстинкт. С тех самых пор, когда еще молодым человеком он расширил рамки появившейся в 1900 г. новаторской работы Планка, он усиленно пытался извлечь физический смысл из понятия квантов света, которое сам же и ввел. Можно только строить догадки о том, какое бесчисленное множество подобных попыток довелось ему за свою жизнь предпринять и отвергнуть. Эта проблема постоянно занимала его, не давая покоя. Каким образом могут отдельные фотоны вести себя как частицы при столкновении с атомами и в то же время проявлять в своем движении волновые свойства, словно каждый из них способен находиться в нескольких местах сразу? Де Бройль сделал эту загадку волн-частиц еще более запутанной и сложной, распространив ее не только на свет, но и на материю, и в результате она пронизала всю физику. Как раз с этим Эйнштейн был согласен: подобное проникновение одного принципа во многие разделы науки свидетельствовало о его фундаментальности. Бор пришел к заключению, что мы должны свыкнуться с существованием двух дополняющих друг друга

образов — волны и частицы. Вот против этого и восставал присущий Эйнштейну инстинкт. 12 декабря 1951 г., уже на склоне лет, Эйнштейн написал своему старинному другу М. Бессо (с которым он когда-то, еще работая в Бюро патентов, обсуждал возникающие у него идеи) следующие слова: «Все эти пятьдесят лет бесконечных размышлений ни на йоту не приблизили меня к ответу на вопрос: что же такое кванты света? В наши дни любой мальчишка воображает, что ему это известно. Но он глубоко ошибается».

Эйнштейн был в самой гуще борьбы за правильную интерпретацию новорожденной квантовой механики. Он незамедлительно вступил в спор с Борном по поводу вероятностной интерпретации теории Шредингера. Однако главным его научным противником был Бор.

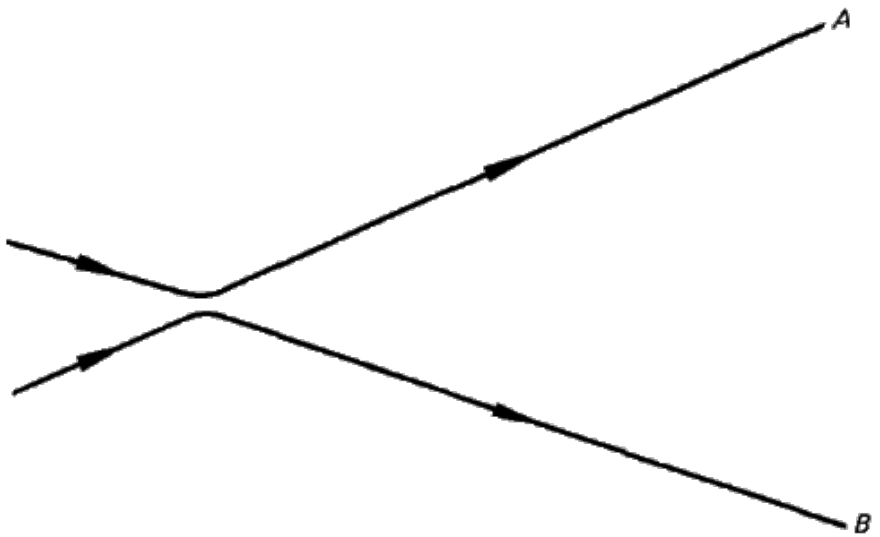
В конце 1927 г. на пятом Сольвеевском конгрессе эта борьба велась уже в открытую. Борн и Гейзенберг утверждали, что неопределенность неизбежна и что ввиду отсутствия строгой причинности вероятности выражают все, что может быть в таком случае выражено. Бор был с этим согласен. Эйнштейн протестовал. Он не желал принимать то, что отвергала его интуиция. Он чувствовал, что этой теории недоставало завершенности. Тогда он выдвинул целый ряд остроумнейших доводов в пользу своей точки зрения. Никогда еще квантовая механика не подвергалась столь массированной атаке. Однако, хотя Бор и его союзники оказались в весьма затруднительном положении, позиций они не сдали. Оттачивая и совершенствуя свои концепции в ходе сражения, они одно за другим смели все возражения Эйнштейна, и тот при всей своей изобретательности вынужден был отступить. Непостижимое столкновение (электрона и фотона) при наблюдении было неизбежно. Любая предложенная Эйнштейном схема измерения этого столкновения требовала нового наблюдения, которому соответствовало его собственное столкновение, а для того, чтобы измерить последнее, необходимо было еще одно наблюдение (со столкновением) — и так далее. Вся последовательность не оставляла никакой видимой надежды на победу. Копенгагенская интерпретация выдержала атаку Эйнштейна. Сразу после конгресса Бор и Эйнштейн продолжили сражение — теперь уже в доме Эренфестов, и хозяин, боготворивший и того и другого, был немало потрясен тем, что один из его героев не желает соглашаться с развиваемой в Копенгагене интерпретацией. Через несколько месяцев — в мае 1928 г. — Эйнштейн написал Шредингеру: «Утешительная философия — или религия — Гейзенберга — Бора столь искусно придумана, что до поры до времени она подкладывает мягкую

подушку под голову истинно верующего, с которой его не так-то легко согнать».

В 1930 г., на шестом Сольвеевском конгрессе — последнем, на котором довелось присутствовать Эйнштейну, — он вновь предложил обойти гейзенберговский принцип неопределенности. На сей раз Бор был ошеломлен. Аргументы Эйнштейна казались неуязвимыми, и Бор не сумел отыскать в них ни одного слабого места. А ведь если бы его действительно не было, то вся квантовая теория, которая в то время процветала как никогда ранее, оказалась бы глубоко несовершенной. Вот этого Бор никак не мог допустить. Но доводы Эйнштейна упрямо и неумолимо стояли перед ним, требуя капитуляции. Бор пытался и так, и этак разрушить их, но они выдерживали любой его штурм. Бор в полном смысле слова лишился сна, ведь на карту было поставлено слишком многое. Почти всю ночь он провел в раздумьях над этой проблемой, и к утру решение было найдено: аргументы Эйнштейна оказались несостоятельными из-за им же самим введенного в физику принципа эквивалентности и, следовательно, из-за его же обшей теории относительности. Бор одержал чрезвычайно важную победу. Эйнштейн был вынужден признать, что эта партия им проиграна, а значит, признать справедливость принципа неопределенности Гейзенберга. Но он все еще не отказался от борьбы.

В 1933 г. в Бельгии незадолго до того, как навсегда покинуть Европу, Эйнштейн упомянул об одной своей новой идее. Через два года вместе со своими сотрудниками по Институту высших исследований Борисом Подольским и Натаном Розеном он изложил ее в статье, суть которой мы попытаемся передать, оставив в стороне математику. Рассуждение отличается обманчивой простотой. Вообразим, что два электрона *A* и *B* отскакивают друг от друга на расстояние, достаточное, чтобы ни один из них не мог оказать существенное воздействие на другой. В этом есть определенная хитрость, ведь если провести наблюдение за *A,* можно строить выводы относительно *B,* и никто не сумеет доказать, что при наблюдении А столкновение затронуло *B* или что вообще каким бы то ни было образом было осуществлено воздействие на *B.* Сама квантовая теория говорит, что, если измерять координаты *A,* можно сразу же вывести точные координаты *B,* а если вместо этого проводить наблюдение точного импульса *A,* можно тут же вывести точный импульс *B.* Итак, стратегия ясна: мы будем проводить наблюдение за *A,* но говорить при этом о *B,* ведь на *B* наше наблюдение никоим образом не влияет. Предположим для наглядности, что наши электроны отскакивают друг от друга в воскресенье, а расстояния

таковы, что мы можем ждать целую неделю, прежде чем проведем наблюдение за *A*. Согласно Гейзенбергу, нельзя с точностью определить одновременно и координаты, и импульс электрона. Однако мы можем сделать выбор и измерять что-то одно. Так что в понедельник мы решаем, что будем измерять точные координаты *A*. Во вторник мы передумываем и договариваемся, что вместо этого лучше измерить точный импульс *A*. В среду нам кажется, что в конце концов следует измерить координаты *A*. В четверг мы снова предпочитаем импульс *A*. В пятницу — координаты *A*. В субботу — импульс *A*. И в воскресенье, не в силах сделать окончательный выбор, подбрасываем монетку и, поставив на «орла» или «решку», выполняем то измерение, которое нам выпадает.



Предположим, что нам выпало измерить координаты электрона *A*. В таком случае, проведя наблюдения, мы тут же узнаем и координаты второго электрона *B, не оказывая на него никакого воздействия*. Это гарантирует нам сама квантовая теория. Представим теперь, что монетка упала так, что мы должны провести измерения не координат, а импульса *A*. Тогда, проведя наблюдение, мы тут же получим и импульс *B*, опять- таки не оказывая на *B* никакого воздействия.

Конечно, нельзя всерьез представить дело так, что электрон *B* будет, подобно хамелеону, подстраиваться под наше настроение и то будет иметь точные координаты, но не иметь импульса — как, скажем, в понедельник, — то уже во вторник получит импульс, но лишится координат; затем в среду он их снова приобретет, но потеряет импульс, чтобы в четверг снова получить его и потерять координаты, — и так далее до самого последнего момента, пока

наконец подброшенная монетка не разрешит все сомнения и колебания и не подскажет выбор. И все это время *B* будет существовать изолированно в физическом смысле от *A,* от нас и от нашей монетки. Безусловно, доказывали Эйнштейн и его коллеги, как точные координаты, так и точный импульс *B* должны обладать физической реальностью одновременно. Однако Гейзенберг показал, что квантовая теория запрещает нам знать сразу и то и другое. Следовательно, квантовая теория не дает законченного описания физической реальности. Это неполная теория.

Как ответили бы вы на подобное рассуждение? Сдались бы или продолжили борьбу? Бор предпочел второе. Скоро вы узнаете, как он встретил этот новый выпад Эйнштейна. Однако небольшая передышка была бы сейчас очень кстати, так что мы воспользуемся ею, чтобы затронуть кое-какие другие вопросы. Наверное, после некоторых наших замечаний по поводу теории Максвелла у вас сложилось впечатление, что она давным- давно устарела. Но в 1927 г. Дирак нашел способ омолодить ее. Он сделал теории Максвелла что-то вроде переливания крови, только роль донорской крови сыграли кванты. Используя статистику Бозе — Эйнштейна, он вывел из испытывающей вторую молодость максвелловской теории не только формулу Планка для излучения абсолютно черного тела, но и все результаты, полученные Эйнштейном совершенно иным путем в «лазерной» работе 1916 г. В итоге, несмотря на внутренние проблемы, возвращенная к жизни теория Максвелла развивается и до сих пор остается наиболее точной и проверенной физической теорией из всех известных на сегодняшний день.

Восстановив, таким образом, справедливость по отношению к Максвеллу, не забудем и о Ньютоне. Бор, Гейзенберг и Шредингер строили свои теории на фундаменте, заложенном Ньютоном, а Дирак на редкость удачно показал, что новая квантовая механика — это, по сути, механика Ньютона после «переливания квантов». Теперь, когда мы, кажется, отдали должное всем, вспомним и Эйнштейна.

В 1928 г. Дирак с блеском применил специальную теорию относительности к квантовой теории электрона. В этом замечательном достижении равно поражает и совершенное владение математикой, и тот огромный успех, который выпал на его долю. Не удивительно, Что это исследование Дирака наряду с другими было отмечено Нобелевской премией.

В длительной борьбе, которая велась Эйнштейном по поводу интерпретации квантовой механики, вновь и вновь повторялась одна тема: его инстинктивное недоверие к идее вероятностной

вселенной, в которой поведение отдельных атомов зависит от случайности. По своему обычаю, рассматривая глубочайшие научные проблемы, Эйнштейн старался взглянуть на вещи с точки зрения бога. Стал бы бог создавать вероятностную вселенную? Эйнштейн интуитивно чувствовал, что ответ на этот вопрос должен быть отрицательным. Ведь если бог способен был создать вселенную, в которой ученые могли обнаружить научные законы, то в таком случае он же мог сотворить и такую вселенную, которая полностью подчинялась бы этим законам. Он не стал бы создавать вселенную, в которой ему пришлось бы случайным образом принимать каждый момент решения по поводу поведения каждой отдельной частицы. Эйнштейн не мог доказать это: убеждение его основывалось на интуиции, питалось чувством и укреплялось внутренней верой в свою правоту. Хотя подобный подход Эйнштейна и кажется наивным, он имеет глубокие корни. Пусть его интуиция и не была непогрешимой, она сослужила Эйнштейну хорошую службу. Наука вся держится на вере. Множество странных ее перипетий, о которых мы узнали, и среди них даже та теория, которую первоначально разработал Бор, должны были уже убедить нас в том, что большая наука не делается средствами одной лишь холодной логики.

Эйнштейн резюмировал это свое интуитивное недоверие к квантовой теории в чрезвычайно образной фразе: «Gott würfelt nicht»! К ней — в той или иной форме — он прибегал по самым разным поводам. Это переводится примерно так: «Бог не играет в кости». Хотелось бы привести здесь перевод этого эйнштейновского высказывания на английский язык, сделанный поэтом Жаном Унтермайером; его отмечают волшебство и величие, которые открываются нам в шедеврах и науки и искусства: «God casts the die, not the dice»[37].

Бор тоже предложил свой перевод этого высказывания. Он усомнился в том, что в любом языке одни и те же свойства приписываются обязательно богу. В результате он перевел слово «Gott» не как «бог», а как «силы провидения». Это, возможно, проливает свет на различие научных мировоззрений Бора и Эйнштейна. Тем не менее, отвечая в письме в 1945 г. на заданный ему вопрос о религиозных убеждениях, Эйнштейн писал:

«Использование антропоморфических понятий по отношению к вещам, которые лежат вне сферы человеческих представлений, всегда вводит в заблуждение. Это детские аналогии».

Это должно было бы совпадать с точкой зрения Бора, с недоверием относившегося к рассуждениям о «боге, который не играет в кости». Однако в 1953 г. Эйнштейн объяснял в другом письме одному атеисту, что, говоря о боге, не играющем в кости,

он имел в виду не «Иегову или Юпитера, а имманентного бога Спинозы». А в приводившемся уже письме 1945 г. далее звучат слова, которые Эйнштейн неоднократно повторял: «Религиозность ученого состоит в восторженном преклонении перед гармонией законов природы, насколько эти законы доступны для нашего разума. В этом все». Отсюда можно было бы сделать вывод, что для Эйнштейна гармония вселенной была бы нарушена, если бы «бог играл в кости». Каждое утверждение физика такого масштаба, как Эйнштейн, звучит необыкновенно весомо, даже если оно выражено в метафорической форме. Многочисленные высказывания Эйнштейна все-таки не проливают свет на то, что же он в целом подразумевал под словом «бог». В его научной работе бог был руководящим понятием, но понятием, не имеющим четкого определения — ибо кто может четко определить, что такое бог? Тем не менее бог символизировал не только страстное стремление Эйнштейна к чуду и красоте, но и то интуитивное ощущение единства со вселенной, которое было отличительным признаком его гениальности. Однако «гениальность» так же мало поддается четкому определению, как и «бог».

Каков же был ответ Бора на утверждение Эйнштейна, Подольского и Розена, согласно которому наблюдение за электроном *A* делает теоретически возможным получение информации об электроне *B* без оказания какого-либо воздействия на *B*? Вспомним, как мы в течение недели не могли решить, измерять ли нам координаты или же импульс электрона *A*, а также вывод о том, что и точные координаты, и точный импульс электрона *B* обладают физической реальностью одновременно, из чего следовало, что квантовая теория не полна. Эти рассуждения заставили Бора глубоко задуматься. Они оказались куда более тонкими, чем ему показалось сначала, и только после тщательного анализа ему удалось найти нужный ответ. Бору пришлось немного отступить и отказаться от рассмотрения столкновения, происходящего при наблюдении электрона. Он поставил условие о необходимости рассматривать эксперимент как единое целое и потом назвал его «единичным явлением», которое непременно и начинается и заканчивается в реальном мире. Но не будем вникать в детали сейчас — нам предстоит еще остановиться на этом более подробно. Сейчас же изложим суть ответа, который Бор предложил Эйнштейну. Предположим, что, прежде чем приступить к эксперименту, мы подписали соглашение, обязуясь измерить, скажем, координаты. И если не изменять условия этого соглашения, то никаких новых проблем не возникает. Теперь с самого начала целью

эксперимента будет измерение координат, а не импульса. Если же мы обязались бы в нашем соглашении измерять, наоборот, импульс, нам пришлось бы проводить *совершенно другой эксперимент,* и в таком случае координаты в нем вообще бы не фигурировали. Таким образом, в дискуссии возникают два различных «физических явления» в том смысле, который определил Бор. Итак, рассуждал Бор, по отношению к фактическому физическому явлению или же к завершенному эксперименту совершенно безразлично, подписали ли мы соглашение, заранее определив, таким образом, свой выбор, или же наше решение будет меняться изо дня в день, пока мы в конце концов не положимся на волю случая и не подбросим монетку. Значение имеет лишь конкретный завершенный эксперимент, тот эксперимент, который так и не был проведен, и ни в коей мере не выяснение того, когда и каким образом было принято решение, какой именно эксперимент проводить. Два эксперимента — взаимоисключающие физические явления. Проводя один из них, мы не можем одновременно осуществлять другой. Таким образом, продолжал Бор, мы не можем противопоставлять фактически осуществленный эксперимент — каким бы он ни был — эксперименту, который не был проведен. Следовательно, отпадает вопрос о конкретном конфликте, а значит, нет веских оснований для вывода о неполноте квантовой механики.

Эйнштейн должен был признать, что рассуждения Бора логически неуязвимы. Однако это было результатом отступления Бора на неприступную оборонительную позицию. Он просто отнял у Эйнштейна право продолжать и дальше сталкивать концепции, так что Эйнштейн сравнил отношение Бора к проблеме в целом с солипсизмом[38]. Солипсизм нельзя опровергнуть с помощью логики. Тем не менее его отрицают. Во многом сходно с этим отрицание Эйнштейном копенгагенской интерпретации квантовой механики, ибо оно тоже основывалось не на логике, а на инстинктивном неприятии этой точки зрения и вере в собственную правоту.

Но другие ученые — за весьма незначительным исключением — не поддерживали Эйнштейна. Убедившись в том, что теория Бора основательна и выдерживает самую придирчивую критику, они проявили готовность принять ее. С упоением погрузившись в исследования, сулившие самые невероятные возможности приложения новой теории, они с недовольством воспринимали новые попытки подвергнуть сомнению ее устои. Статья Эйнштейна, Подольского и Розена вызвала у них на какое-то время растерянность, и, когда последовал ответ Бора, они вздохнули с облегчением. Не один Бор отвечал Эйнштейну и его

коллегам. Ученые меньшего ранга тоже писали о несостоятельности критики квантовой механики, но, как с горькой иронией заметил Эйнштейн, подобных опровержений было много, причем одно противоречило другому.

Еще до этого копенгагенская интерпретация фактически обрела силу догмы. Любая попытка поставить под вопрос ее правомерность могла стоить репутации и сделать усомнившихся предметом насмешек. Мало кто из физиков способен был противостоять такому давлению. Планк не одобрял копенгагенскую позицию. Де Бройль, хотя и перешел поначалу в стан ее сторонников, в дальнейшем переменил свое мнение и пытался освободиться от влияния этой концепции. Шредингер после краткого, но мучительного периода растерянности выступал со всей силой и откровенностью против Копенгагенской школы. Эйнштейна, как мы уже знаем, ничто не могло склонить к принятию этой теории. Но все-таки возражали очень немногие. Подавляющее большинство физиков приняло сторону Копенгагенской школы и без долгих церемоний окрестило всех несогласных «твердолобыми консерваторами». Такое положение сохранялось в течение почти двадцати лет, и лишь потом вновь стали высказываться сомнения в непогрешимости теории Бора. И, несмотря на то, что и сегодня большинство специалистов по квантовой механике по-прежнему так или иначе придерживаются копенгагенской интерпретации, она уже не встречает такой безоговорочной преданности, которая сопутствовала ей в пору расцвета. Не то чтобы признание получила какая-то иная интерпретация. Как выяснилось, при значительном отступлении от строго ортодоксального подхода выявляется нечто более существенное, чем преходящий дискомфорт.

Проблематичность создавшегося положения чаще всего отрицается. Тем не менее Дирак, например, судя по тому, что он писал в 1963 г., осознавал эту проблематичность. Он не мог предугадать возврата к классическому детерминизму, но в предвидении пока еще неведомых перемен говорил: «Вероятно, получить удовлетворительную картину [теперешнего переходного] этапа невозможно». Из квантовой механики нашего времени в ее копенгагенской интерпретации вытекают следствия, которые грешат против здравого смысла. В этом она сближается с теорией относительности. Подвести итог сказанному поможет яркий пример, приведенный Шредингером в 1935 г. В качестве предисловия заметим, что, согласно копенгагенской интерпретации, предсказать момент радиоактивного распада атомного ядра невозможно. Это звучит знакомо. Разве не было подобной идеи у самого Эйнштейна в «поразительно простом»

выводе формулы Планка в 1916 г.? Разве у Эйнштейна атомы не испускали фотоны спонтанно, в непредсказуемые моменты? В самом деле, Бор находился под большим влиянием этой работы Эйнштейна и именно в ней нашел подтверждение мысли о спонтанности, беспричинности и непредсказуемости квантовых процессов. Не будут ли тогда радиоактивный распад и другие виды спонтанного излучения как раз теми примерами, когда, используя образное выражение Эйнштейна, бог все-таки «играет в кости»? Ответ Копенгагенской школы был бы утвердительным. Ответ Эйнштейна — отрицательным. Ибо Эйнштейн рассматривал теоретическую непредсказуемость как результат неполноты теории, которую он считал переходной: причина в нас самих, а не в атомах. Сторонники же Копенгагенской школы настаивали, что квантовые уравнения позволяют получить полную физическую картину, *в принципе* отрицая возможность предсказания точных моментов, в которые будут иметь место подобные спонтанные процессы: заранее могут быть известны лишь вероятности.

Учитывая все это, рассмотрим пример Шредингера. Запрем кошку в комнате, где находится ампула с цианидом. Затем поместим в детектор и потенциально радиоактивный атом таким образом, чтобы в случае радиоактивного распада — если он произойдет — детектор привел в действие механизм, который разобьет ампулу, после чего кошка погибнет. Предположим, что мы выбрали такой атом, для которого шансы на то, что в течение часа произойдет радиоактивный распад, составляют 50 %. Будет ли кошка жива по прошествии часа?

Либо да, либо нет — примерно так подумали бы мы. Но в соответствии со стандартной копенгагенской интерпретацией квантовой механики в конце этого часа кошка будет пребывать в неизвестном состоянии, и шансы на то, что она жива, как и на то, что она мертва, будут равны. Конечно, мы могли бы просто заглянуть в комнату по истечении часа и удостовериться, жива кошка или же нет. Это действие само по себе едва ли могло бы убить кошку, если она оказалась бы жива, и, уж конечно, не воскресило бы ее, если бы она была мертва. Здравый смысл подсказывает нам, что в данном случае наше подглядывание не имело бы никаких последствий: кошка либо вполне очевидно жива, либо не менее очевидно мертва, независимо от того, заглянем мы в комнату или нет. А вот в копенгагенской интерпретации наше подглядывание вносит коренное изменение в математическое описание ситуации: неопределенность относительно кошки сменяется либо состоянием, когда она определенно жива, либо состоянием, когда она определенно

мертва, причем и то, и другое возможно.

Допустим, мы признаем, что все значимые аспекты физической ситуации полностью описываются языком математики. В таком случае не так-то легко согласиться с тем фактом, что простое заглядывание в комнату с кошкой может послужить причиной столь серьезного изменения математического описания, а следовательно, и физической ситуации. Бор обошел неудобства, настаивая на необходимости рассматривать физическое явление целиком как нечто единое, имеющее и начало, и конец в неквантовом, повседневном мире, в котором наблюдение в конце покажет, что кошка либо определенно жива, либо определенно мертва. В царстве, где правят кванты, нельзя внезапно остановиться в надежде извлечь какой-либо повседневный смысл из незавершенного физического явления.

Эта хитроумная теория неуязвима при условиях, ею же оговоренных. Она отрицает право строить привычные изображения для промежуточных квантовых этапов, лежащих между неквантовым началом и неквантовым завершением цельного физического явления. Если же мы станем протестовать и вместе с Эйнштейном упрекнем квантовую механику в том, что она дает неполное описание физической реальности, то к подобному неудобству можно отнестись как к временному явлению, даже если мы не можем предложить какую-либо более состоятельную теорию. Эйнштейн охотно признавал замечательные достоинства квантовой механики. В «Автобиографических набросках» он, тщательно подбирая слова, назвал ее «физической теорией, которая из всех физических теорий нашего времени достигла наибольших успехов». Эйнштейн не отождествлял успех квантовой механики с ее приемлемостью. По-прежнему вероятностный характер этой теории вызывал у него недоверие. Неотъемлемо присущий ей индетерминизм все так же был ему не по душе. Отвечая своим критикам в той же самой книге, куда входили «Автобиографические наброски», Эйнштейн подытожил свою точку зрения по этому вопросу. И тот итог, к которому он пришел, будет казаться убедительным или не очень в зависимости от сложившихся у каждого предпочтений.

Рано еще строить догадки об исходе сражения между Бором и Эйнштейном. Не дано нам пока знать, окажутся ли в конце концов инстинктивные предчувствия Эйнштейна достаточно хорошо обоснованными, пусть даже самым неожиданным образом, или нет. Решающее слово принадлежит непредсказуемому будущему.

А вот то мнение, которое складывалось во времена Эйнштейна, было явно против него. Да, именно он расширил введенное Планком понятие кванта, на что не решился никто, включая и самого Планка; да, это его новаторские идеи о квантах с самого начала были решающим фактором, обусловившим признание этого понятия; да, не кто иной, как он, приветствовал революционные представления де Бройля, вдохновившие Шредингера; безусловно, он был на переднем фронте всех новых научных веяний; это он был тем самым дальновидным творцом новых тенденций в этих веяниях, когда будущее казалось всем погруженным во мрак; и вот теперь адепты квантовой механики считают его старомодным консерватором — чем-то вроде гения в отставке, который ведет тщетную борьбу против неизбежной революции, затрагивающей самые основы науки.

Подобное отношение со стороны физиков легко объяснимо. Смелые нововведения Эйнштейна в области квантов были поглощены новой квантовой механикой, и с появлением этой теории роль Эйнштейна во всем, что касалось квантов, свелась единственно к роли критика. Восторженным поклонникам новой теории легко было обращать критику Эйнштейна против него самого, забывая при этом, какое важное значение она имела для совершенствования копенгагенской интерпретации. Созданная Эйнштейном общая теория относительности возвысила его до уровня Ньютона. Однако в отличие от специальной общая теория относительности была ни к чему специалистам по атомной физике. Ее немногочисленные приложения относились скорее к Вселенной в целом, нежели к области лабораторного экспериментирования; и чем больше углублялся Эйнштейн в эту теорию с целью дальнейшего ее обобщения, тем дальше она уводила его от непосредственных задач, стоявших тогда перед атомной физикой. Его отъезд из Европы в 1933 г. и переход в Институт высших исследований, а также относительная изоляция, к которой он намеренно стремился, поселившись в Принстоне, еще больше усилили его оторванность от актуальных проблем физики. И все же, несмотря на то, что его влияние среди физиков становилось все меньшим, для широкой публики он по-прежнему оставался верховным оракулом и символом науки.

Тем временем в Европе близились к развязке важные события как научного, так и политического характера. В 1919 г., еще будучи в Манчестере, Резерфорд обнаружил, что при сильном столкновении ядер гелия и азота они могут превратиться в ядра водорода и кислорода; таким образом, произошло превращение хорошо известных нерадиоактивных и до того считавшихся неизменными ядер. Совершенно очевидно, что это открытие

имело большое значение. В то же время оно казалось достаточно безобидным. Из-за микроскопических масштабов рассматривавшихся Резерфордом явлений — как- никак эксперименты проводились с отдельными атомами — оно пользовалось куда меньшим вниманием публики, чем другое — главное — научное событие 1919 г., а именно подтверждение Эддингтоном общей теории относительности Эйнштейна в результате наблюдения солнечного затмения.

Однако с течением времени открытие Резерфорда приобретало все больший вес. Была открыта способность к превращениям и у ядер других атомов, считавшихся ранее устойчивыми. В 1932 г. в Кавендишской лаборатории в Кембридже, директором которой был Резерфорд, результаты отдельных ядерных трансмутаций впервые четко подтвердили правильность эйнштейновской формулы $E = mc^2$. Это произошло спустя четверть века после того, как Эйнштейн вывел свою формулу в 1907 г. В следующем, 1933 г. было получено еще более четкое ее подтверждение — на этот раз масса уже не частично, а полностью преобразовывалась в энергию[39].

Итак, не оставалось более сомнений в том, что интуиция не подвела Эйнштейна и что масса представляет собой огромный резервуар энергии. Не так много энергии выделяется при сжигании унции угля. Унцию же песка мы даже не в силах сжечь. И тем не менее в одной-единственной унции угля, или песка, да и вообще чего угодно скрыто такое количество энергии, которое эквивалентно энергии, получаемой при сжигании буквально тонн угля. Нескольких тонн. Фактически сотен тысяч тонн или около того. Можно ли раскупорить этот резервуар, чтобы использовать заключенную в нем энергию для практических целей? Интересно, что и Резерфорд, и Эйнштейн такую возможность отрицали. Извлечение энергии из массы, заключенной в атомных ядрах, было, с их точки зрения, в высшей степени пустой затеей: на это пришлось бы затратить энергии куда больше, чем ее было бы получено.

Как бы то ни было, в том же 1932 г., принесшем первое очевидное подтверждение формулы $E = mc^2$, исследования ядерных трансмутаций, проводившиеся в Германии и Франции, привели Джеймса Чедвика, работавшего в Кавендишской лаборатории, к открытию нейтрона — электрически нейтральной частицы, имеющей массу, близкую к массе ядра водорода. С открытием нейтрона положение радикально изменилось, хотя в то время никто — за единственным исключением — этого еще не осознавал. Этим исключением был бывший студент Эйнштейна, Силард, эмигрировавший в Англию. Он с поразительной ясностью

предвидел последствия открытия нейтрона. Описанные нами события 1932 и 1933 гг. происходили на фоне прихода Гитлера к власти и последовавшего за этим бегства ученых из Германии. Например, Шредингер оставил свое профессорское место в Берлине и переселился в Дублин. Борн покинул Геттинген и в конце концов стал профессором в Эдинбурге. Германия теряла свои лучшие умы.

В 1934 г. важная работа была проведена в Италии, находившейся под властью фашистского режима. Энрико Ферми вместе с группой единомышленников проводил в Римском университете эксперименты по бомбардировке атомных ядер нейтронами. Не имея заряда, нейтроны могли приблизиться к ядрам, не испытывая воздействия сил электрического отталкивания. Нас в данном случае не интересуют полученные им результаты, которые в дальнейшем принесли Ферми Нобелевскую премию. Особое значение для нашего рассказа имеет осуществленная Ферми слабая бомбардировка ядра урана — самого тяжелого и обладающего наибольшим зарядом из всех известных тогда науке ядер. Ферми предполагал, что при этом мог бы быть создан доселе неизвестный элемент — теперь он называется нептуний, — но уверенности в этом у него не было.

Ферми не знал, что ему удалось осуществить нечто гораздо более ценное: в его эксперименте произошло расщепление ядер урана. Об этом факте никто в ту пору не подозревал, и смертоносная бомба пока еще ждала своего часа, в то время как политическая обстановка все более накалялась. Нацистская Германия перевооружалась. В марте 1936 г. нацисты, еще не подготовившись как следует к войне, в результате невиданного блефа вновь оккупировали Рейнскую область, не встретив никакого сопротивления. В том же году Бор выдвинул теорию атомного ядра, в которой показал, что атомным ядрам присущи многие характеристики капель жидкости. В то же время в Берлинском институте кайзера Вильгельма, том самом, с которым некогда сотрудничал Эйнштейн, немецкие химики Отто Ган и Фриц Штрасман вместе с австрийским физиком Лизе Майтнер, идя по стопам Ферми, занялись бомбардировкой ядер урана нейтронами и применили все имеющиеся химические средства в попытке установить — образовался при этом новый элемент или же нет.

В марте 1938 г. содрогавшаяся от ужаса Европа стала свидетельницей того, как нацистская Германия захватила Австрию посредством одной лишь военной угрозы, не произведя ни единого выстрела. Лизе Майтнер, как еврейка, оказалась в опасности. До тех пор иностранное подданство служило ей

защитой от жестоких антисемитских законов, установленных нацистами в Германии. Теперь же, когда Австрия — ее родина — стала частью Германии, она уже не считалась иностранкой, а в качестве гражданки Германии могла чувствовать себя в безопасности лишь за пределами этой страны. С помощью Бора ей удалось найти прибежище в Институте Нобеля в Швеции, где она снова обрела и статус иностранки, и безопасность.

В сентябре 1938 г. было подписано Мюнхенское соглашение — тщетная попытка умиротворения Гитлера. Стремясь любой ценой отсрочить войну с Германией, а возможно, и натравить ее на Россию, деморализованные демократические государства предали свою союзницу Чехословакию и практически оставили ее на произвол диктаторского режима Гитлера. В Англии голос протеста поднял Черчилль, находившийся не у власти.

Тогда же, в сентябре, Муссолини в тупом подражании Гитлеру ввел антисемитские законы в Италии, где до того времени антисемитизма как такового не существовало. И вот Ферми, которому уже успели надоесть тоталитарные порядки, стал готовиться к отъезду.

В ноябре 1938 г. в течение недели организованного насилия и террора нацисты вели войну против евреев в Германии. В декабре Ферми с семьей отправился в Швецию, чтобы получить там Нобелевскую премию, и оттуда навсегда переехал в Америку, где его ожидало место профессора Колумбийского университета в Нью-Йорке. Менее чем за год до начала второй мировой войны урановая бомба Ферми начала потихоньку открывать свою тайну. Перед самым рождеством 1938 г. Ган и Штрасман завершили работу над специальной статьей и показали, что при бомбардировке ядер урана относительно медленными нейтронами можно получить ядра бария, масса которых составляет всего лишь около половины массы ядер урана. Таким образом, было похоже, что ядра урана расщеплялись. Все, что было известно физикам, говорило против этого.

Пораженный сделанным открытием, Ган отправил подробное сообщение Лизе Майтнер, и она обсудила эту проблему со своим племянником Отто Фришем, который также бежал от нацистов. Используя мысль Бора о том, что поведение ядер сходно с поведением капель жидкости, Майтнер и Фриш в течение нескольких дней пришли к решению. В результате действия в ядре урана мощных сил электростатического отталкивания оно могло, подобно капле, находиться в состоянии, столь близком к нестабильности, что проникновение в ядро одного-единственного нейтрона вполне способно было послужить причиной его расщепления на две капельки меньшего размера —

или же два меньших ядра. Однако постойте. Ведь в силу взаимного электростатического отталкивания эти ядра должны были бы энергично разлетаться в разные стороны. Откуда же могло взяться такое большое количество энергии? Ответом на этот вопрос послужила формула Эйнштейна $E=mc^2$. Без массы, связанной с энергией разлетающихся осколков, объединенная масса двух меньших ядер была бы значительно меньше массы исходного ядра урана и нейтрона. Если же недостающая масса вновь появляется в виде энергии движения, все становится на свои места. Ядра урана действительно были расщеплены на две почти равные половинки. Этому процессу Майтнер и Фриш дали название *деления.* Еще более эффектным было предсказание, что деление должно сопровождаться высвобождением колоссального по атомным масштабам количества энергии.

Далее события стали развиваться быстро. В Копенгагене Фриш провел решающий эксперимент, подтвердивший существование предсказанных взрывов энергии. Но еще до этого эксперимента он поспешил изложить теорию деления атомного ядра Бору, который должен был вот-вот уехать в Принстон, где собирался в течение некоторого времени поработать в Институте высших исследований. Бор привез эти сенсационные известия американским физикам в январе 1939 г., и деление ядра урана было многократно подтверждено в Америке еще до того, как Фриш опубликовал результаты своего эксперимента. Ферми одним из первых предположил, что среди осколков расщепленного ядра урана могут оказаться новые нейтроны. Если все так, как предсказал Силард шестью годами раньше, эти нейтроны способны вызвать дальнейшее деление ядер урана, а потому возникает некоторая вероятность того, что этот процесс будет распространяться как цепная реакция и высвобождать катастрофически огромные количества энергии.

В конце марта 1939 г., когда Чехословакия была оккупирована, а Польша находилась под угрозой, англичане и французы решили проявить твердость и заявили, что в случае нападения Германии на Польшу они встанут на ее защиту. Однако эта твердость слишком запоздала и не смогла остановить безудержно мчавшийся к трагедии мир. В это же время Ферми, Силард и другие ученые Колумбийского университета сделали следующие шаги к созданию атомной бомбы, доказав экспериментально, что в процессе деления ядер урана действительно образуются нейтроны.

Все же еще никто не мог сказать, возможно ли создание атомной бомбы. Все шансы, казалось, были против. Однако среди оказавшихся в США физиков-иностранцев, многие из которых

эмигрировали, спасаясь от тоталитарного режима Гитлера, росла тревога. Им не надо было напрягать воображение, чтобы представить себе судьбу цивилизации в случае, если гонку за создание атомной бомбы выиграют фашистские диктатуры. Если их опередят демократические государства, тогда тоже, конечно, ничего хорошего ожидать не приходится, но это было бы куда меньшим злом, и следовало приложить все усилия, чтобы не случилось худшее. В апреле Ферми попытался предупредить об опасности командование военно-морских сил США, однако ответом ему было лишь проявление вежливого интереса.

Со все усиливающимся предчувствием надвигавшейся трагедии Силард заручился поддержкой своего друга, тоже уроженца Венгрии, Юджина Вигнера, профессора теоретической физики Принстонского университета. В середине июля они отправились навестить Эйнштейна. Он отдыхал в это время на Лонг-Айленде в отдаленном Нассау-Пойнт близ поселка Пеконик. Эйнштейн наслаждался там плаванием на яхте и ничего не ведал о возможности цепной ядерной реакции. Если мы прервем в столь драматический момент наше повествование, чтобы уже в который раз повторить, что Эйнштейн получал необыкновенное удовольствие от игры на скрипке, то это покажется по крайней мере странным и неуместным. Тем не менее любовь Эйнштейна к музыке была одним из звеньев цепной реакции, участником которой стал он сам, ибо именно на почве музыки окрепла его дружба с королевой Елизаветой Бельгийской, в то время уже королевой-матерью. Кто мог бы предвидеть все те невероятные события, которые повлекло за собой музицирование в стенах королевского дворца? Кому могла бы в то время померещиться какая бы то ни было связь между струнными квартетами и тем обстоятельством, что главные мировые запасы урановой руды были сосредоточены в Конго? Когда Силард и Вигнер приехали к Эйнштейну, чтобы рассказать ему об опасности, которую влечет за собой возможность цепной ядерной реакции, их первоначальным намерением было просить его воспользоваться своим влиянием на королеву- мать и добиться гарантий, что урановая руда Бельгийского Конго не попадет в руки нацистов. Однако вскоре события приняли иной оборот, отчасти по той причине, что неутомимый Силард был знаком с влиятельным финансистом Александром Саксом и тот предложил гораздо более сложный ход, а именно обратиться непосредственно к президенту Рузвельту. Силард снова отправился в Нассау-Пойнт, и на этот раз его сопровождал физик Эдвард Теллер (тоже уроженец Венгрии). Эйнштейн помогал составлять проект письма к Рузвельту, под которым впоследствии поставил свою подпись.

Это письмо, которому суждено было приобрести такую известность, датировано вторым августа 1939 г. и отправлено из безмятежного Нассау-Пойнт. Вот что, в частности, в нем говорилось:

«Некоторые недавние работы Ферми и Силарда, которые были сообщены мне в рукописи, заставляют меня ожидать, что элемент уран может быть в ближайшем будущем превращен в новый и важный источник энергии. Некоторые аспекты возникшей ситуации, по-видимому, требуют бдительности и в случае нужды быстрых действий со стороны правительства. Я считаю своим долгом обратить Ваше внимание на следующее… стала вероятной возможность… создания исключительно мощных бомб нового типа. Одна бомба этого типа, доставленная на корабле и взорванная в порту, полностью разрушит весь порт с прилегающей территорией. Такие бомбы могут оказаться слишком тяжелыми для воздушной перевозки… Мне известно, что Германия в настоящее время прекратила продажу урана из захваченных чехословацких рудников. Такие преждевременные меры, может быть, станут понятными, если учесть, что сын заместителя германского министра иностранных дел фон Вейцзекер прикомандирован к Институту кайзера Вильгельма в Берлине, где в настоящее время повторяются работы по урану американских специалистов».

Сомнительно, чтобы Эйнштейн подписал это письмо, если бы его пацифизм не был уже смягчен столкновением с таким злом, которое он считал даже худшим, чем война. Естественно было бы предполагать, что письмо, подписанное не кем иным, как Эйнштейном, возымеет невероятный эффект. Однако этот эффект был странным образом ослаблен.

1 сентября Германия напала на Польшу, и вторая мировая война, угроза которой так долго витала над миром, официально началась.

Письмо Эйнштейна от 2 августа, однако, все еще не дошло до Рузвельта. Сакс вручил его Рузвельту лишь 11 октября

г., через три недели после поражения Польши. Правда, президент незамедлительно сформировал Консультативный комитет по урановым разработкам, первые шаги которого, казалось, были многообещающими. Тем не менее к началу марта г. этот комитет столь мало преуспел в выполнении стоявших перед ним задач, что Силард и Сакс обратились к Эйнштейну с просьбой написать еще одно письмо и адресовать его на этот раз Саксу, с тем чтобы тот мог ознакомить с ним Рузвельта. Так что 7 марта с помощью Сакса было написано второе письмо, не менее настойчивое, чем первое. На этот раз оно

попало к Рузвельту достаточно быстро, и в апреле Эйнштейн был приглашен на расширенное заседание комитета. 25 апреля 1940 г. Эйнштейн в обращении к Председателю Консультативного комитета отклонил это приглашение, подчеркнув в то же время острую необходимость в принятии срочных мер.

В мае 1940 г. фашистские армии заняли Голландию и Бельгию, а к 22 июня была захвачена Франция. За этим последовала воздушная битва за Англию и англичане имели в ней перевес, хотя и крайне незначительный. Тем не менее им удалось сохранить перевес, и победное шествие немецких войск было приостановлено. Взгляды Германии обратились после этого на Восток, и 22 июня 1941 г., несмотря на заключенный в августе 1939 г. договор о ненападении, началась война с Россией. А работа над урановым проектом все никак не набирала обороты.

Еще в феврале 1939 г., работая в Принстоне с американским физиком Джоном Уилером, Бор предсказал на основании своей теории, в которой он проводит параллель между каплей жидкости и атомным ядром, что не всякая, а лишь весьма редкая разновидность урана позволяет осуществить расщепление ядра с помощью нейтронов. Это предсказание поначалу было встречено скептически, но потом подтвердилось. Из него вытекали два вывода: во-первых, изготовленная из этого редкого урана бомба почти наверняка будет взрываться, а во-вторых, ввиду трудностей, связанных с извлечением такого урана, для создания бомбы потребуется промышленный комплекс весьма внушительных размеров.

В начале 1940 г. в Англии племянник Лизе Майтнер Фриш, с которым мы уже знакомы, а также Рудольф Пайерлс, тоже бежавший из нацистской Германии, уже поставили англичан в известность о возможности создания атомной бомбы. Опираясь на работу Бора и Уилера, они выполнили конкретные вычисления и узнали, какое примерно количество редкого урана потребуется для взрыва. Это количество неожиданно оказалось весьма малым. Исследование Фриша и Пайерлса изменило первоначальное скептическое отношение англичан к вопросу о создании бомбы и послужило толчком к осуществленным в Англии важным разработкам, которые оказали влияние на принятие решения официальной Америкой. Таким образом, учитывая медлительность, с которой развертывались в США исследовательские работы, вполне возможно, что бомба все равно была бы сделана там не раньше и не позже того срока, когда это фактически произошло, даже если бы Эйнштейн и не писал своих писем в 1939 г. и в начале 1940 г. Ведь окончательное решение о производстве атомной бомбы официально было принято лишь 6

декабря 1941 г.

Рано утром следующего дня японцы совершили неожиданное нападение на Пирл-Харбор.

Продолжение и финал этой истории о войне и о бомбе слишком хорошо известны, и нет необходимости еще раз их здесь повторять. Пока армии сражались на поле битвы, а миллионы беззащитных людей — мужчин, женщин и детей — подвергались пыткам и истреблению в концентрационных лагерях, английские и американские ученые вместе с учеными- эмигрантами, опасаясь возможной монополизации ядерного оружия со стороны нацистского режима, объединили в Соединенных Штатах свои усилия по созданию атомной бомбы. 2 декабря 1942 г. в Чикаго Ферми вместе с группой руководимых им ученых впервые вызвал самоподдерживающуюся цепную ядерную реакцию. Это был первый сделанный человеком ядерный выстрел. В 1943 г. Бор вынужден был бежать из Дании от нацистов, которые намеревались его арестовать и депортировать в Германию. Это наводит на страшную мысль о том, какой могла бы оказаться судьба Эйнштейна, если бы он попал в руки фашистов. После многочисленных приключений Бор добрался до Англии и отправился оттуда в Америку. Там он работал в основном в Лос-Аламосе, где перед группой ученых, возглавляемой Робертом Оппенгеймером, была поставлена сложнейшая задача создания атомной бомбы.

Бор одним их первых сумел заглянуть в будущее и предугадать ужасающие последствия успеха этих разработок. В 1944 г. он имел беседы с Рузвельтом и Черчиллем, в которых они обсудили потенциальные политические проблемы создания атомной бомбы, однако результаты этих бесед были весьма плачевными. В самом деле, Черчилль, ошибочно считая, что Бор имеет какие-то дела с русскими, вполне серьезно говорил о необходимости его ареста. Силард тоже принадлежал к тем, кто раньше других сумел предвидеть опасность, которую несла человечеству атомная бомба. Не обладая столь большим влиянием, которое имел Бор, Силард проявил предусмотрительность и поговорил с Эйнштейном, который 25 марта 1945 г. дал ему рекомендательное письмо к Рузвельту. Вооружившись этой рекомендацией, Силард мог теперь представить президенту подробный меморандум.

Он исполнил свое намерение. Но меморандум попал не к Рузвельту, ибо президент скончался 12 апреля, не дожив всего нескольких недель до самоубийства Гитлера, чьи мечты о покорении мира обратились в прах вместе с ним самим.

Гитлеровская Германия доживала последние дни. Стало

известно, что нацистам так и не удалось добиться сколько-нибудь значительных успехов в создании ядерного оружия. В Америке же вынашивались слишком обширные планы, чтобы такое сообщение оказало какое-либо влияние на ход событий. 16 июля 1945 г. в пустынной части штата Нью-Мексико было осуществлено первое испытание атомной бомбы. Так возникло первое из грибовидных облаков, за плотной завесой которых скрыто от человечества его будущее.

Мы уже знакомы с письмами Эйнштейна о возможности появления атомной бомбы. Во время второй мировой войны ему иногда приходилось выступать в роли консультанта военно-морских сил США. Более того, в ноябре 1943 г., когда к Эйнштейну обратились с просьбой поддержать некое антивоенное начинание, тот с готовностью согласился подарить рукописи двух своих статей. Одной из них была рукопись его знаменитой статьи по теории относительности, написанная в 1905 г. в Берне. Однако в те годы Эйнштейн не имел обыкновения хранить рукописи после выхода статей из печати. Тогда он предложил единственно возможный выход: просто переписал статью от начала до конца под диктовку своего секретаря, читавшей напечатанный текст. Картина, конечно, весьма необычна: Эйнштейн пишет под диктовку секретаря! В одном месте Эйнштейн с удивлением воскликнул: «Неужели я это сказал?» Когда его заверили, что так и было сказано, он добавил: «Я мог бы выразить это гораздо проще». К сожалению, не известно, о какой именно части статьи шла речь. 3 февраля 1944 г. переписанный им от руки экземпляр знаменитой статьи был представлен на аукционе в Канзас-Сити и продан почти за шесть миллионов долларов. Другая рукопись статьи, которая вскоре должна была выйти из печати, принесла пять с половиной миллионов долларов. Обе эти рукописи хранятся теперь в библиотеке конгресса Соединенных Штатов Америки.

Однако нельзя избежать неизбежного: 6 августа 1945 г. атомная бомба была сброшена на Хиросиму.

Секретарь Эйнштейна услышала об этом по радио и, когда Эйнштейн спустился к чаю, рассказала ему страшную новость. Его восклицание «Oh weh» было криком отчаяния, глубину которого не в состоянии выразить никакой перевод.

11. КОСМИЧЕСКИЕ ГОРИЗОНТЫ

От времени второй мировой войны возвратимся в 1917 г. — тогда еще шла первая мировая война. Проверка теории Эйнштейна в период солнечного затмения — впереди. А Эйнштейн в Берлине уже примеряет завершенную им общую теорию относительности ко Вселенной в целом. Конечно, не к реальной Вселенной со всеми ее тайнами и со всем ее разнообразием. Не к людям с их мечтами и разочарованиями. Не к цветущим земным лугам и не к самой Земле. Не к капризному Солнцу, от которого столь многое зависит в нашей жизни, и не к рассыпанным на небесах звездам. Эйнштейн примерил теорию относительности к голой абстрактной, тщательно приглаженной модели Вселенной — примерно так же спокойный, бесчувственный глобус иногда заменяет всем нам многолюдную, охваченную сражениями Землю с ее далеко не сферической формой.

С самого начала Эйнштейн предназначал свою теорию для универсального применения. Но сперва он примерил ее к солнечной системе. А когда сделал попытку распространить ее на бесконечное пространство, то столкнулся с неожиданными проблемами. Как ни старался Эйнштейн, ему не удавалось приспособить свою теорию к бесконечным расстояниям. О, это было совсем нетрудно, если ограничиться математикой! Но Эйнштейн был физиком, и для него самое удачное математическое решение оставалось физической неудачей. Совсем не просто было справиться с этой неудачей и найти выход. Введя в написанную в 1917 г. работу предмет исследования из области релятивистской космологии, Эйнштейн отмечал, что ему пришлось преодолеть «довольно извилистый и неровный путь», чтобы прийти к радикальному решению.

Для того чтобы подготовить читателей, он начал с обсуждения уже известных трудностей, с которыми столкнулась теория Ньютона при объяснении более или менее равномерного распределения звезд в бесконечном пространстве. Можно избежать этих трудностей, представив дело таким образом, что звезды образуют в бесконечном пространстве своего рода диффузный остров, плотность которого быстро уменьшается по мере удаления от центрального сгущения. Однако такого рода «островное» решение не привлекало самого Эйнштейна. Он перечислил несложные, но тем не менее глубокие возражения против такого решения. Вот одно из них. Если рассматривать звезды как частицы газа, конечно в гигантском масштабе, то в

соответствии с теорией газов такой диффузный остров вообще в конечном счете не смог бы существовать — в нем отсутствовало бы вещество. Другое возражение аналогично первому и тоже основано на теории газов: подобно тому, что происходит при испарении, звезды преодолели бы гравитационные узы, связывающие их с центральным ядром, и затерялись бы в просторах бесконечного пространства, чтобы никогда не вернуться.

Такие возражения нечто большее, чем ньютоновские опыты по нагреванию. Эйнштейн применил их к общей теории относительности в глобальном наступлении на задачи релятивистской космологии. Вдаваться в подробности нам ни к чему. Вслед за Махом Эйнштейн утверждал, что всякий объект приобретает инерцию только из-за наличия материи во Вселенной. Он называл это относительностью инерции. Весь подход Эйнштейна основывался на этом принципе, а также на наблюдениях, согласно которым относительные скорости движения звезд были в целом так малы, что Вселенную можно было бы, по-существу, считать статичной. Эта статичность резко ограничивала возможности построения картины мира, и Эйнштейн после упорного сопротивления вынужден был прийти к выводу, что бесконечность расстояний создавала трудности для применения как принципа Маха, так и принципа относительности Что же делать?

Совершенно очевидно, что, если бы не было бесконечных расстояний, не возникло бы никаких проблем. И тогда Эйнштейн решается обойтись без них. Вот и все.

Но в действительности все было не так просто. Отказ от бесконечных расстояний был шагом отчаяния, и Эйнштейн прибег к нему лишь после того, как были исчерпаны, но не оправдали себя все другие возможности. Эйнштейн понял, что для достижения его цели — избавиться от бесконечных расстояний, не опустошив при этом статическую Вселенную и не оставив ее с зияющей раной, — нужно было внести необходимую поправку в уравнения гравитационного поля, а это оскверняло в его глазах их девственную чистоту. Он добавил к уравнениям поля простой элемент, помноженный на чрезвычайно малую величину, обозначенную символом λ — греческой буквой «лямбда».

Теперь все в порядке. Но какими же средствами избавился Эйнштейн от бесконечных расстояний? Вновь помогли математики — в геометрии уже были разработаны нужные для этого теоретические средства. В новой модели Вселенной Эйнштейна трехмерное пространство имело конечную протяженность, но не имело границ. Чтобы представить это

наглядно, давайте сначала вообразим пространство не с тремя, а с двумя измерениями — например, плоскость бесконечной протяженности. Бели мы захотим избавиться от бесконечных расстояний на этой плоскости, можно ограничить какую-либо область и объявить все находящееся за ее границами вне закона или же можно отрезать все лишнее, а остаток будет иметь края, как, например, страница этой книги. А теперь рассмотрим поверхность шара. Она ограничена, не имеет бесконечной протяженности. Но вместе с тем на ней нет ни краев, ни границ, ни областей «вне закона». В самом деле, все точки на поверхности шара одинаковы: ничего напоминающего центр там нет.

Нет центра? Это, безусловно, не так.

Но это так. Все знают, что у шара есть центр, но этот центр — не на поверхности. Вспомним: нам нужен наглядный образ, вот почему мы оперируем двумя измерениями, а не тремя. А коли так, нужно быть последовательными. Мы должны представить себе не только пространство, но и звезды, и самих себя — одним словом, все вообще — двумерными и помещенными лишь на двумерной *поверхности* шара. Поверхность — это все наличное пространство. Все то, что мы привычно считаем находящимся внутри шара и снаружи его, исключается — приходится считать, что ничего этого попросту нет. Это уже нелегко представить себе.

Тем не менее предположим, что нам это удалось. В таком случае мы построили двумерное пространство — поверхность шара, — имеющее конечную протяженность, но все же без границ, без центра и без отторженных областей. Следующим шагом будет переход от двумерной картины к трехмерной, но давайте специально откажемся представлять себе этот переход наглядно. Эйнштейн воспользовался формальной математической аналогией, как это принято в геометрии. Есть трехмерное космическое пространство, не имеющее ни центра, ни границ, но обладающее лишь конечной протяженностью, и Эйнштейн добавил к нему четвертое измерение — время, — не искривленное и бесконечное.

Исключив таким образом бесконечные пространственные расстояния, Эйнштейн блестяще решил стоящую перед ним космологическую проблему. Но при этом он попутно выдвинул другие. Его сглаженная модель Вселенной, взятая в целом, обладала абсолютным покоем, абсолютным временем и абсолютной одновременностью. Дело в том, что она основывалась на приблизительном допущении, что звезды по отношению друг к другу находятся в состоянии покоя. В силу этого допущения они могли бы все вместе играть неблагодарную роль космической

системы отсчета в состоянии абсолютного покоя, и в этой системе отсчета одновременность можно было считать абсолютной.

Не может не вызвать удивления то, что сам Эйнштейн вновь ввел понятие абсолютного покоя и абсолютной одновременности. Решая стоящую перед ним космологическую проблему, он явным образом принялся разрушать все, что возводил ранее. Но Эйнштейн знал, что делает. Ничуть не менее катастрофическим был осуществленный им в свое время переход от специальной к общей теории относительности, когда он отказался от постоянства скорости света. Если отвлечься от космологических вопросов, то к сделанному им ранее претензий быть не могло. Что же касается абсолютного космического времени и абсолютного космического покоя, то Эйнштейн готов был пожертвовать ими для того, чтобы получить возможность рассматривать Вселенную в целом. Да и тем, кто занялся позже обобщением работы Эйнштейна, пришлось пойти на аналогичные жертвы.

Но почему вообще понадобились какие-то жертвы? А все потому, что Вселенная у нас только одна. Когда универсальные принципы, какими бы они ни были весомыми, применяются к единственному наличному объекту, они неминуемо становятся специальными. Универсальными их делает как раз возможность применения в разнообразных ситуациях. А когда мы осмеливаемся взяться за изучение Вселенной в целом, откуда взяться разнообразию?

Источник его — в нас самих, звезды тут ни при чем. Моделей Вселенной, разработанных для удовлетворения эстетических потребностей, оказалось даже слишком много. В то время Эйнштейну это не было известно. Не знал он также и того, что звезды ввели его — да и не только его — в заблуждение, а то, что считалось наблюдаемым фактом, окажется ложным.

И введенная им λ, и идея покоящейся пространственно конечной Вселенной, равномерно заполненной веществом, привели Эйнштейна в итоге проведенных им вычислений к тому, что существует единственный фундаментальный тип модели Вселенной. И размеры, и масса ее были обусловлены значением λ. Если фиксировать эту величину — тут способны помочь астрономические наблюдения, — то действительно удалось бы получить единственную модель единственной Вселенной. Это была великолепная идея. Но прежде чем пойти дальше, следует подчеркнуть важность этой статьи, написанной Эйнштейном в 1917 г., ибо она — нам еще предстоит в этом убедиться — была не без изъяна. Но недопустимо, чтобы последующие открытия умалили ее значение. Статья, о которой идет речь, была событием

и выдающимся, и плодотворным. На ее основе развилось новое направление исследований в физике. Был сделан первый колоссальный шаг на тернистом и необычайно трудном пути, и нам поневоле придется ограничиться лишь весьма беглым разговором. Остановимся хотя бы на нескольких наиболее значительных моментах.

Едва Эйнштейн сделал первый смелый шаг, как в 1917 г. в нейтральной Голландии де Ситтер нашел еще одно решение космологических уравнений Эйнштейна. Этот факт обескураживал: значит, уравнения Эйнштейна вовсе не вели в конечном счете к единственно возможной модели Вселенной. Более того, в отличие от вселенной Эйнштейна, вселенная де Ситтера была пуста. А это уже вступало в противоречие с убеждением Эйнштейна, основанным в свою очередь на идеях Маха, что материя и пространство — время настолько тесно между собой связаны, что не могут существовать друг без друга.

Вселенная де Ситтера обладала странными свойствами. Например, она была задумана как статическая вселенная (что бы это ни значило, ведь надо учитывать, что она была пуста). Однако если впустить в нее несколько пылинок — при этом ее пустота, в сущности, вовсе не нарушилась бы, — то можно было бы сказать, что эти пылинки должны разлететься в разные стороны со всевозрастающими скоростями. Таким образом, это была расширяющаяся вселенная, что полностью противоречило известным тогда астрономическим данным.

Значительный шаг вперед был сделан в 1922 г. и вновь в 1924 г., когда советский математик Александр Фридман нашел новые решения космологических уравнений Эйнштейна. В отличие от вселенной де Ситтера, вселенные Фридмана не были пусты; в отличие от вселенной Эйнштейна, они не были статичны. Фридман обнаружил релятивистскую возможность существования заполненных материей вселенных, причем некоторые из них расширялись, другие сжимались, а третьи даже попеременно переходили из одного состояния в другое. Более того, хотя эти вселенные могли обладать конечной протяженностью в пространстве, они могли также быть пространственно бесконечными с плоским либо однородно искривленным пространством. Все это было неожиданным и богатым «уловом». Но непосредственно воздействие математических открытий Фридмана поначалу было невелико. Даже Эйнштейн не сразу оценил их. Более того, чисто интуитивное первое впечатление от этих работ было, скорее, негативным.

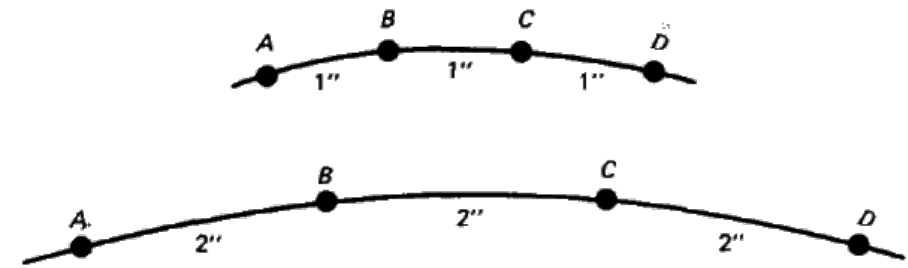
Однако незадолго до этого у астрономов стала складываться новая картина Вселенной. Им уже давно стало ясно, что наша

солнечная система расположена на периферии и составляет относительно микроскопическую часть обширного скопления звезд, образующих туманность. Мы называем эту туманность нашей галактикой, потому что она едва видна на небе невооруженным глазом в виде подобного легкой дымке Млечного Пути (само название «галактика» происходит от греческого слова, обозначающего «молоко»). Решающие наблюдения, выполненные в 1924 г. американским астрономом Эдвином Хабблом, послужили подтверждением той точки зрения, что не все туманности находятся в относительной близости к нашей галактике. Вскоре сложилась картина Вселенной, в которой миллиарды звезд скапливаются в туманности, образуя нечто вроде островов, и эти туманности более или менее равномерно распределены в космическом пространстве. Стоило заменить звезды туманностями, и предположение Эйнштейна о равномерном распределении вещества в пространстве оставалось приемлемым.

А вот его предположение о статической вселенной не подтвердилось. С помощью знаменитого стодюймового телескопа Маунт-Вильсон, установленного в Калифорнии, астрономы — в первую очередь Хаббл — занимались изучением расстояний до туманностей и их движением. В 1929 г. Хаббл опубликовал убедительные доказательства разбегания удаленных туманностей; к тому же процесс этот подчинялся строгим закономерностям. Чем больше расстояние до туманности, тем с большей скоростью удаляется она от нас, и отношение скорости к расстоянию является величиной более или менее одинаковой для всех в то время изученных туманностей. Это отношение стало называться постоянной Хаббла. Для наиболее удаленных туманностей скорости разбегания оказались весьма впечатляющими — они доходили почти до более чем 12 тысяч км в секунду. А если учесть колоссальную массу туманности (она в миллиарды раз превышает массу солнца), то такие скорости просто ошарашивают. Тем не менее впоследствии были получены данные, которые показали, что скорости разбегания более удаленных туманностей еще выше.

Знай обо всем этом Эйнштейн в 1917 г., он, вероятно, занялся бы поисками расширяющейся, а не статической модели вселенной. Иными словами, он, скорее всего, считал бы пространство трехмерным аналогом поверхности не просто шара, а расширяющегося воздушного шара. Дело вот в чем. Допустим, туманность для нас аналогична нерасширяющимся точкам на равномерно расширяющемся воздушном шаре. Возможно, первое, что придет в голову, это что все точки будут удаляться друг от

друга по поверхности шара с одной и той же скоростью — ведь шар расширяетя равномерно. Но вскоре мы убедимся, что это не так. Возьмем такой простой случай, как ряд точек, A, *B, C* и *D*, расположенных в сантиметре друг от друга, и представим себе, что каждую секунду расстояние между ними увеличивается вдвое. Тогда, несмотря на то что расстояние *AB* увеличилось за одну секунду на 1 сантиметр, расстояние *AC* увеличилось на 2 сантиметра, а *AD* — на 3. Таким образом, скорость разбегания растет пропорционально разделяющему точки расстоянию — это в точности соответствует наблюдениям Хаббла за разбеганием туманностей.



Но в 1917 г. ученые считали, что звезды весьма медленно движутся друг относительно друга, и это помешало Эйнштейну. Все же отнюдь не Эйнштейн связал новые результаты наблюдений за разбеганием туманностей с открытыми Фридманом следствиями из уравнений Эйнштейна — моделями расширяющихся вселенных. И даже не Фридман. В 1927 г. бельгийский аббат Жорж Леметр, ничего не зная о работе Фридмана, предложил свою модель вселенной. Леметр основывался на уравнениях Эйнштейна. Модель сначала вела себя как вселенная Эйнштейна, потом расширялась подобно вселенной Фридмана, с тем чтобы по прошествии бесконечного времени превратиться во вселенную того типа, которая была описана де Ситтером. И эта работа тоже могла бы пройти незамеченной — она была опубликована в малоизвестном журнале, — если бы не Эддингтон, который в 1930 г. с энтузиазмом откликнулся на нее. Эддингтон способствовал переводу работы Леметра на английский язык и опубликованию ее в 1931 г. в ведущем английском астрономическом журнале. Наконец-то идея расширяющейся Вселенной была оценена по достоинству. Работа Фридмана также получила запоздалое признание.

Как ни радостно было, что из уравнений Эйнштейна могла, оказывается, вытекать возможность существования расширяющейся Вселенной, но оставались и нерешенные

проблемы. Фридман показал, что уравнения Эйнштейна допускали существование самых разнообразных типов вселенных, причем все эти типы принципиально различались между собой. И правда, в 1931 г. Леметр отдал предпочтение такой вселенной, которая образовалась в результате взрыва огромного количества материи, сконцентрированной в необычайно малом объеме. Но мечта Эйнштейна об уникальности Вселенной была разбита; ему вовсе не нравилось обилие возможных интерпретаций его уравнений. И он, и де Ситтер почти с самого начала расценивали введение величины λ как недостаток теории. Они руководствовались при этом эстетическими соображениями. Еще в 1919 г. Эйнштейн весьма изобретательно попытался избавиться от нее, оставаясь в рамках своей замкнутой статической вселенной. Он назвал в этой работе величину λ «особенно существенным дефектом, нарушающим стройность теории». Это действительно так: оговорка по поводу включения λ сделана Эйнштейном уже в основополагающей статье 1917 г. В заключительной части этой статьи написано:

«Правда, для того, чтобы прийти к этому непротиворечивому представлению, мы должны были все же ввести новое обобщение уравнений гравитационного поля, неоправдываемое нашими действительными знаниями о тяготении. Необходимо, однако, отметить, что положительная кривизна пространства, обусловленная находящейся в нем материей, получается и в том случае, когда указанный дополнительный член не вводится; последний нам необходим для того, чтобы обеспечить возможность квазистатического распределения материи, соответствующего фактически малым скоростям звезд».

После того как были пересмотрены представления о «фактически малых скоростях звезд», величина λ утратила для Эйнштейна свой raison d'être[40].

С этого момента Эйнштейн отказался от нее. Тем самым он не просто восстановил красоту уравнений гравитации; заодно он сократил число возможных фридмановских моделей вселенной до трех, причем лишь одна из них была замкнутой, а тем самым и конечной. Эту единственную вселенную Эйнштейн считал в 1931 г. созревшим (по сравнению с вариантом 1917 г.) плодом его ума. Эту модель — так называемую «осциллирующую вселенную» — можно представить себе следующим образом: она расширяется в результате взрыва компактного расплавленного сгустка материи, чьи осколки разлетаются чрезвычайно далеко и замедляют свой полет, сдерживаемые силой гравитации, а затем собираются вновь, чтобы образовать компактный сгусток материи.

Но если опустить величину λ, то возраст Вселенной окажется равным приблизительно миллиарду лет[41] — это очень много в сравнении с жизнью человека или даже человечества, но недостаточно большой срок для имевшихся оценок возраста Земли. А Вселенная едва ли может быть моложе, чем Земля.

Если же сохранить величину λ — как это сделал, например, Леметр, — это позволило бы увеличить теоретический возраст Вселенной. К тому же осталась бы лазейка для хорошего соответствия вычисленных данных с произведенными астрономами оценками средней плотности Вселенной. Ссылаясь на результаты наблюдения, космологи отстаивали необходимость λ. Но Эйнштейн оставался непреклонным. На первом месте для него были красота и логическая простота. Он больше доверял своим уравнениям гравитационного поля, «незапятнанным» величиной λ, чем тем астрономическим данным, которым они противоречили. И в результате на Эйнштейна опять смотрели как на гения в отставке — и на этот раз это были космологи, с точки зрения которых неземное чувство красоты увело его далеко в сторону.

В 1945 г. Эйнштейн написал «Приложение» ко второму изданию книги «Сущность теории относительности». В нем он обобщил свои взгляды на космологию. Лет за десять до этого он вместе с де Ситтером пришел к выводу, что вопрос об ограниченности пространства должен решаться путем наблюдений. В «Приложении» к книге Эйнштейн оставил вопрос открытым: «Возраст Вселенной… наверняка должен превышать возраст земной коры, определяемый из данных о радиоактивных минералах. Поскольку определение возраста по этим минералам со всех точек зрения является достоверным, то предложенная здесь космологическая теория будет опровергнута, если обнаружится, что она противоречит полученным таким методом результатам. В этом случае я не вижу никакого разумного решения».

Три года спустя (отчасти в связи с вопросом о возрасте Вселенной) была предложена привлекательная теория, согласно которой Вселенная не имела ни начала, ни конца и находилась в устойчивом состоянии: материя постоянно создается и компенсирует таким образом истощение, вызванное постепенным расширением.

Как раз незадолго до того, как Эйнштейн написал в 1945 г. свое «Приложение», началось бурное развитие наблюдательной астрономии, и в течение примерно четверти века Вселенная постарела на миллиарды лет. Или, если сформулировать все это более прозаически, возраст ее стал исчисляться уже не

миллиардом лет, а десятью миллиардами (и даже больше). Таким образом, проблема возраста Вселенной утратила остроту. Но космологи предпочитали, чтобы численное значение величины λ определялось исходя из наблюдений, а не по чьей- либо прихоти. Первое время из данных наблюдений вытекало, что значение отлично от нуля. Но к началу 70-х годов нашего века эти данные стали, скорее, свидетельствовать в пользу нулевого значения λ. Это означало в самом общем смысле слова, что следует отдать предпочтение именно тому простому осциллирующему типу вселенной, к которому склонялся Эйнштейн в 1931 г. Сейчас многие космологи следуют примеру Эйнштейна в отношении λ. Но есть и такие, которые смотрят на отказ от λ с презрительной насмешкой.

Был бы Эйнштейн жив, он бы взирал на все это спокойно и с удовольствием, непоколебимый в своем отрицании величины λ и уверенный в том, что придет еще его черед — когда-нибудь будет полностью реабилитировано его чувство красоты. Давайте же и мы наберемся терпения.

Еще в 1916 г., до своей смелой космологической работы, Эйнштейн начал размышлять над гравитационными волнами. Не удивительно, что из общей теории относительности — теории поля — можно было вывести существование таких волн. Но по самой природе теории относительности эти волны должны были бы представлять собой величины самого космоса — слабые пульсации кривизны пространства, распространяющиеся со скоростью света. Или, пользуясь терминологией четырехмерного пространства, они должны были быть застывшими складками пространства — времени, приобретающими для нас характер движения в связи с нашим движением во времени.

Каков бы ни был результат, стоит вспомнить Максвелла, чье предсказание о существовании электромагнитных волн было подтверждено лишь после его смерти. Волнам Максвелла суждено было сыграть совершенно непредвиденную роль в теории относительности. Ибо, хотя и с запозданием, они послужили толчком к появлению нового поколения наблюдателей неба — радиоастрономов, вооруженных не оптическими, а радиотелескопами. Именно в их наблюдениях стали активно проверяться положения общей теории относительности.

Мы слишком отвлечемся от основной нити нашего повествования, если начнем говорить о квазарах, пульсарах и других открытиях, в изобилии рождающихся из наблюдений современных нам астрономов. Или если станем рассказывать о том, как экспериментаторы, совершенствуя методы измерения, вторгаются в область общей теории относительности и делают ее

объектом все более сложных и тонких проверок, слишком многочисленных, чтобы упоминать о них.

Остается лишь ожидать, что принесет нам будущее. Но уже открытие пульсаров подтвердило теоретическое предсказание о существовании полностью сгоревших звезд, взрывающихся в гравитационных коллапсах. Этот процесс ведет к образованию нейтронных звезд, обладающих такой же массой, как солнце, но достигающих в диаметре лишь около 10 километров. Пока еще не подтвердилось теоретическое предсказание о том, что бывают еще более катастрофические гравитационные коллапсы, ведущие к образованию «черных дыр», чья сила тяготения столь велика, что даже излучаемый ими свет не может вырваться вовне и остается в поле их тяготения. Существуют ли эти «черные дыры» или они лишь вытекающая из релятивистских уравнений фикция? Время покажет. Исследования продолжаются.

По крайней мере можно сказать следующее: вплоть до начала 70-х годов нашего века, более чем через 50 лет после своего появления, общая теория относительности выдержала все экспериментальные проверки. Эта теория опередила свое время на десятки лет; среди возбуждения и сумятицы ведущихся в настоящее время космических исследований она занимает поистине достойное место.

12. ВСЕ ЛЮДИ СМЕРТНЫ

Еще раз нарушим строгий хронологический порядок повествования и возвратимся назад. С приездом в Принстон начался последний отрезок жизни Эйнштейна, и вскоре нам придется говорить об осени — том периоде жизни, когда яркие теплые краски бабьего лета сменяются мрачными тонами, олицетворяющими холодное дыхание зимы.

Предоставим возможность выразить это настроение самому Эйнштейну. Истерзан войной 1918 года. Отклонение света еще не подтверждено. Всемирная слава еще не вторглась в его жизнь. Источник счастья Эйнштейна — его работа. Коллеги уже признают его великим ученым. И тем не менее в восторженности его высказываний присутствует оттенок грусти. Эйнштейн выступает на официальном праздновании по случаю 60-летнего юбилея Планка. Он говорит о Планке, однако в его словах звучит что-то, что можно отнести и к самому Эйнштейну:

«Как и Шопенгауэр, я прежде всего думаю, что одно из наиболее сильных побуждений, ведущих к искусству и науке, — это желание уйти от будничной жизни с ее мучительной жестокостью и безутешной пустотой, уйти от уз вечно меняющихся собственных прихотей. Эта причина толкает людей с тонкими душевными струнами от личного бытия в мир объективного видения и понимания. Ее можно сравнить с тоской, неотвратимо влекущей горожанина из окружающих его шума и грязи к тихим высокогорным ландшафтам, где взгляд далеко проникает сквозь неподвижный чистый воздух, тешась спокойными очертаниями, которые кажутся предназначенными для вечности.

Но к этой негативной причине добавляется позитивная. Человек стремится каким-то адекватным способом создать в себе простую и ясную картину мира; и не только для того, чтобы преодолеть мир, в котором он живет, но и для того, чтобы в известной мере попытаться заменить этот мир созданной им картиной. Этим занимаются художник, поэт, теоретизирующий философ и естествоиспытатель, каждый по-своему. На эту картину и ее оформление человек переносит центр тяжести своей духовной жизни, чтобы в ней обрести покой и уверенность, которые он не может найти в слишком тесном головокружительном круговороте жизни…

Высшим долгом физиков является поиск тех общих элементарных законов, из которых путем чистой дедукции можно получить картину мира. К этим законам ведет не логический

путь, а только основанная на проникновении в суть опыта интуиция… Горячее желание увидеть эту предустановленную гармонию является источником настойчивости и неистощимого терпения, с которыми… отдался Планк общим проблемам науки… Душевное состояние, способствующее такому труду, подобно чувству верующего или влюбленного: каждодневные усилия совершаются не по какой-то программе или не с какими-то определенными намерениями, а по велению сердца».

В 1921 г. Эйнштейн писал своему другу: «Большие открытия — дело молодых… так что для меня это уже позади». И все же между 1917 г. и 1931 г. он не бездействовал. Нам уже известны и его роль в появлении квантовой механики, и бурная реакция на это со стороны физиков. Борьба за правильную интерпретацию квантовой механики привела к изоляции Эйнштейна в научном мире. В 1918 г. выдающийся немецкий математик Герман Вейль — в то время профессор Цюрихского политехникума — предложил столь естественное и остроумное дополнение общей теории относительности, что оно заслуживало лучшей судьбы, чем та, которая выпала на его долю. Кривизна пространства — времени в теории Эйнштейна и — как следствие этого — отсутствие прямых линий привели к тому, что странные вещи стали происходить с направлением движения. Для того чтобы оценить влияние кривизны на направление, давайте рассмотрим искривленную двумерную поверхность Земли. Представьте себе, что два корабля находятся на экваторе на большом расстоянии друг от друга и отправляются в плавание строго на север. Мы, безусловно, готовы были бы согласиться с тем, что оба корабля двигались параллельно, когда стартовали, и с тем, что в дальнейшем они двигались прямо вперед — ведь оба плыли на север, не меняя курс ни вправо, ни влево. И все же по мере движения кораблей в северном направлении вдоль меридианов они бы все больше и больше сближались. А поскольку это так, мы бы, безусловно, отказались от прежнего предположения, что движение кораблей остается параллельным.

Вейля осенило, что в результате движения могут изменяться не только направления, но и размеры[42] кораблей — если оставаться в рамках нашего примера. Правда, к очертаниям кораблей это не относится. Вейль занялся разработкой вопроса: к чему приведет допущение такого рода изменений размеров? Оказалось, что в результате подобного допущения геометрическая структура пространства — времени должна претерпеть фундаментальные изменения. На первый взгляд может показаться, что если первоклассный математик проявляет желание поиграть такими идеями, то, что ж, он имеет на это

полное право. Но планы Вейля шли дальше. Он показал, что, используя эту новую геометрическую структуру пространства — времени, удается естественным образом связать эйнштейновскую теорию гравитации с электродинамикой Максвелла. А это сразу возбуждает наш интерес. Ибо когда Эйнштейн интерпретировал гравитацию как кривизну, он не смог разработать столь же фундаментальную геометрическую интерпретацию для электромагнетизма. А Вейль, взяв за основу введенные им изменения длин, разработал геометрическое описание электромагнитных явлений. Электромагнетизм стал тем самым как бы геометрическим партнером гравитационной кривизны. Таким образом, Вейль создал то, что мы называем *единой теорией поля.*

И с математической, и с эстетической точек зрения теория Вейля представляла собой значительное достижение. Но Эйнштейн всегда оставался прежде всего физиком и очень скоро пришел к выводу, что с этой теорией нельзя согласиться.

В то время как другие восхищались творением Вейля, Эйнштейн указал на имеющийся в нем недостаток, а именно: в теории Вейля предполагалась зависимость длин предметов от их прошлого. В пространстве — времени термин «длина» может относиться как ко времени, так и к пространству. Атомы испускают свет, и их пульсация очень точно определяет длину временных отрезков. Этот факт доказан существованием совершенно четких спектральных линий. Если бы прошлое разных атомов сильно различалось, то они, согласно теории Вейля, отмечали бы несхожие промежутки времени, что привело бы en masse[43] не к спектральным линиям, а, скорее, к спектральным пятнам. Следовательно, нельзя обращаться с длинами так, как предложил Вейль. Таково было официальное возражение Эйнштейна против теории Вейля. В нем виден почерк великого физика, который интуитивно находит самую сердце- вину проблемы. Но в этом возражении не все раскрыто до конца. Вот отрывок из письма, написанного Эйнштейном Вейлю в 1918 г.; в нем звучит более серьезное возражение:

«Можно ли, в самом деле, обвинять господа бога в непоследовательности за то, что он упустил найденную Вами возможность сделать физический мир гармоничным? Не думаю. Если бы он сотворил мир по-Вашему, [я] укоризненно сказал бы: „Милый бог, уж коль скоро в твоем решении не предусматривалось придать объективный смысл [тождественности размеров удаленных друг от друга твердых тел], почему же тогда ты не пренебрег [сохранением их форм]?“»

Вот где действительно виден почерк великого физика.

Пришлось Вейлю поневоле отделить свою теорию от гравитации. Правда, для нее (точнее, для ее фрагмента) нашлось место в границах квантовой теории, где работа Вейля вполне удовлетворительно увязывалась с теорией электромагнетизма. В то время были известны лишь две фундаментальные «силы»: гравитационная и электромагнитная. Вейль заставил всех осознать, что если для одной из них имеется геометрическая интерпретация, а для другой — нет, то это вступает в противоречие с эстетическими принципами. Поэтому ученые энергично вели поиски новой геометрии — такой, которая позволила бы удачно объединить и электромагнетизм, и гравитацию. Именно этим занимался Эйнштейн до конца своих дней. И если мы коснемся здесь лишь нескольких вариантов единой теории поля, предложенных и Эйнштейном, и другими учеными, то отчасти потому, что при всем их разнообразии в них есть немало общего. Что же касается Вейля, то он получил должность профессора Геттингенского университета, но с приходом нацистов к власти переехал в Соединенные Штаты, где стал коллегой Эйнштейна по Институту высших исследований.

Эддингтон построил единую теорию поля, близкую к теории Вейля, но более универсальную. Если стоит задача выбрать кратчайший маршрут путешествия по поверхности шара, то мы последуем наиболее прямым (с учетом кривизны поверхности) путем. И Вейль и Эддингтон (его работа появилась в 1921 г.) разрушили эту связь между «самым кратким» и «самым прямым», — связь, которая сохранилась в эйнштейновском искривленном пространстве — времени.

Но в 1921 г. Т. Калуца в Германии избрал другой путь, предложив ввести в некотором роде «атрофированное» пятое измерение. Он записал эйнштейновские уравнения гравитации безо всяких изменений — однако для пяти, а не для четырех измерений. И этого оказалось достаточно, чтобы объединить гравитацию и электромагнетизм.

В 1923 г. Эйнштейн развил работу Эддингтона. Вскоре, однако, он разочаровался в том, что получилось, и в 1925 г. разработал совсем другую единую теорию поля. На этот раз он с энтузиазмом писал в самом начале статьи: «После непрекращавшихся в течение последних двух лет поисков, я уверен, что нашел теперь правильное решение».

Теория Эйнштейна основывалась главным образом на следующем арифметическом совпадении. При одном из обычных способов описания электромагнитных явлений используются шесть характеристик поля. Метрический тензор $g_{\mu\nu}$, обладает определенной симметрией. Если устранить эту симметрию, то

количество содержащихся в нем характеристик поля автоматически возрастет с десяти до шестнадцати. Для описания гравитации нужны десять характеристик поля, и тогда остаются еще шесть — как раз столько, сколько требуется для электромагнитного поля. В свете дальнейшего развития научной теории эту идею Эйнштейна стоит запомнить.

А теперь перенесемся в 1928 г. Это год смерти Лоренца, к которому Эйнштейн испытывал глубочайшее почтение. В надгробной речи Эйнштейн называл Лоренца не просто «гением», но также и «величайшим и благороднейшим из наших современников, [который] свою жизнь до мельчайших подробностей создавал так, как создают драгоценное произведение искусства».

Эти слова исходили из уст человека, который всегда принципиально говорил только то, что думал, и делал только то, что считал нужным. Они явно шли от самого сердца. Много лет спустя Эйнштейну довелось сказать:

«Все, что исходило от этого возвышенного ума, было ясно и изящно, как прекрасное произведение искусства… Если бы мы, принадлежащие к более молодому поколению, знали бы Лоренца только как человека возвышенного ума, и то наше восхищение и уважение к нему были бы единодушными. Но этим далеко не исчерпывается то, что я чувствую, когда думаю о нем. Для меня лично он значил больше, чем все остальные люди, которых я встречал на своем жизненном пути».

Это было в 1953 г., четверть века спустя после смерти Лоренца.

Как нам известно, в том же 1928 г., когда не стало Лоренца, тяжело болел сам Эйнштейн. Но он продолжал работать. Работа была его лучшим лекарством, самой его жизнью. Несмотря на те надежды, которые он первоначально возлагал на разработанную им в 1925 г. единую теорию поля, Эйнштейн отказался от нее. Он работал над теорией Калуцы; поистине ошарашивало введенное в нее пятое измерение, для которого, казалось, не было никакого физического соответствия. И вот в 1928 г. Эйнштейн натолкнулся на новый подход к построению единой теории поля. Его новая теория, существенным моментом которой был введенный им так называемый «отдаленный параллелизм», была в каком-то смысле противоположна теории Вейля. Вспомним: Вейль, видя, что параллелизм не сохраняется, решил, что не должны сохраняться и длины. В отличие от него Эйнштейн, видя, что длины сохраняются, решил, что точно так же должен сохраниться параллелизм. Добиться этого, не отказываясь от искривления пространства — времени, было не так-то просто, и Эйнштейну

пришлось проявить незаурядную изобретательность. К началу 1929 г. уже позади были главные трудности, связанные с записью уравнений поля для единой теории поля. В день официальной публикации третьей из девяти сугубо научных статей, посвященных этой теории и предназначенных только для специалистов, в газетах всего мира появились броские заголовки. Одна нью-йоркская газета побила рекорд журналистского абсурда, опубликовав в переводе на английский язык всю совершенно непонятную широкой публике статью Эйнштейна, изобилующую формулами. Текст статьи передали по телеграфу прямо из Берлина. Среди этой безумной, далекой от научных дел шумихи новая теория Эйнштейна расписывалась в прессе как выдающееся научное достижение. Тем не менее Эйнштейн указал в статье, что теория эта остается пока спорной; а вскоре он понял, что от нее придется отказаться.

К концу 1930 г. Эйнштейн со своим сотрудником Майером отправили для публикации работу с изложением совершенно новой теории. Авторы попытались сохранить суть идеи Калуцы о пятом измерении, оставаясь при этом в рамках четырех измерений. Но и от этой попытки Эйнштейн в конце концов отказался. А когда в 1933 г. он приехал работать в Институт высших исследований, они с Майером все еще продолжали свои поиски новых геометрических структур, с тем чтобы их можно было использовать в единой теории поля.

Мы говорили выше, что среди разнообразия единых теорий поля имеется нечто общее. В чем же оно заключалось? Лучше бы, правда, поставить вопрос по-другому: не что общего во всех теориях, а чего всем теориям недостает? Раньше, когда Эйнштейн разрабатывал общую теорию относительности, он руководствовался, например, принципом эквивалентности, который связывал тяготение с ускорением. Где же были аналогичные принципы, которыми можно было бы руководствоваться и которые могли бы привести Эйнштейна к созданию единой теории поля? Этого никто не знал. Даже сам Эйнштейн. А потому эта работа была не столько целенаправленным поиском, сколько блужданием в математических дебрях, крайне слабо освещаемых физической интуицией.

За годы пребывания в Принстоне Эйнштейну не раз казалось, что наконец-то он пришел в своих исканиях к единой теории поля. И каждый раз оказывалось, что если продолжить вычисления, то будут выявлены неприемлемые следствия из его уравнений. Несмотря на все это, Эйнштейн продолжал работать, ничуть не обескураженный предыдущими неудачами. Эрнст

Штраус, который работал с ним в Институте высших исследований, ярко описывает тогдашнее настроение Эйнштейна:

«Первая теория, над которой мы работали, когда я стал его ассистентом, разрабатывалась самим Эйнштейном уже более года, и мы продолжали работать над ней еще около девяти месяцев. Однажды вечером я нашел некоторый класс решений уравнений поля, и на следующее же утро оказалось, что эта теория лишилась своего физического содержания. Все утро мы ворочали ее и так, и этак, но неизбежно приходили все к тому же выводу. Мы отправились домой на полчаса раньше. Должен сказать, что я был совершенно удручен случившимся. Интересно, думал я, если чувствует себя так скверно из-за того, что разрушилось воздвигнутое здание, простой рабочий, то как же должен чувствовать себя архитектор! Но когда на следующее утро я пришел на работу, Эйнштейн был взволнован и полон энергии: „Послушайте, я думал над этим всю ночь, и мне кажется, что правильно было бы…“ Так было положено начало разработке совершенно новой теории, которая также через полгода превратилась в кучу макулатуры и над которой скорбели не дольше, чем над предыдущей». Штраус вспоминает также, что, «когда [Эйнштейн] замечал что-то, что его удовлетворяло, он обычно восклицал: „Это так просто, что бог не мог бы пройти мимо этого!“».

На некоторое время поиски единой теории поля превратились в математическое поветрие, которому с увлечением платили дань очень многие люди — и известные, и неизвестные. Они наперебой предлагали конкурирующие между собой геометрические теории. Этих теорий оказалось великое множество. Когда поветрие стало проходить, Эйнштейн продолжал работу в этом направлении. Но ему все никак не удавалось найти никакого основополагающего физического принципа, способного указать направление поисков; обычно чудодейственная интуиция подводила его; и в связи с этим многие физики наблюдали за его долгими поисками с едва скрываемым презрением. Однако Эйнштейну было что вспомнить: те десять лет неустанного напряженного труда (тогда точно так же приходилось все время решительно отказываться от, казалось бы, перспективных идей), которые ушли у него на создание общей теории относительности. Все, на что Эйнштейн мог опираться в поисках единой теории поля, — это только его уникальный жизненный опыт и глубочайшее убеждение, что такая теория *должна* существовать (или, как говорили древние иудеи, что бог един). Этого было достаточно для того, чтобы в течение более 30

лет поддерживать в нем готовность продолжать научный поиск, невзирая на бесконечные разочарования. Правда, он не поспевал за новейшими достижениями физики. Правда, его вдохновение стало изменять ему. Правда, идеи уже не зарождались у него в таком изобилии, как раньше, когда он был молод. Но они все же появлялись, и поиски единой теории поля характеризовались тем неукротимым упорством и настойчивостью, с которыми Эйнштейн всегда проводил свои идеи в жизнь.

В 1936 г. он был опечален последовавшей после продолжительной и тяжелой болезни смертью Марселя Гроссмана, того самого Гроссмана, без преданной дружбы и поддержки которого, может быть, никогда не расцвел бы гений Эйнштейна. Так рвались связи с прошлым. Кроме того, прошло уже много времени с тех пор, как улеглись бушевавшие некогда вокруг общей теории относительности страсти и ценность этой теории в глазах физиков несколько потускнела. Тем не менее Эйнштейн продолжал работать. И вот в 1937 г. он подготовил совместно с польским физиком Леопольдом Инфельдом и автором этой книги работу, в которой сообщалось о существенном достижении. Оно состояло в открытии такого вытекающего из общей теории относительности следствия, которое еще более подчеркивало ее и без того необыкновенное совершенство и выявляло такой ее аспект, которому не было соответствия в других теориях. Независимо от них к такому же открытию пришел советский физик Владимир Фок, работа которого была опубликована в 1938 г. Он получил этот результат принципиально иным способом, который был связан с дополнительными допущениями о свойствах материи. Что касается Эйнштейна, то его открытие основывалось на его же работе, выполненной за десять лет до того совместно с Я. Громмером. Давняя идея созрела, наконец, в голове Эйнштейна и обрела необыкновенную утонченность. Выполненные расчеты оказались настолько сложными и настолько громоздкими, что опубликовать их можно было лишь в самых общих чертах; в полном же виде они хранятся в библиотеке Института высших исследований. Там с ними могут ознакомиться специалисты. А вот суть этой работы можно изложить очень просто.

Уравнения гравитационного поля ограничивают кривизну пространства — времени. Одни типы кривизны допустимы, а другие — нет. Возможна грубая аналогия с листом бумаги, который хотя и сворачивается самыми разными способами, но не становится выпуклым. Рассмотрим теперь небесное тело, обладающее тяготением. Взятое само по себе, оно характеризуется конкретной кривизной пространства — времени,

которую можно изобразить следующим образом:

Но предположим, что есть несколько тел, обладающих тяготением. Если каждое из них сохраняет характерную для него кривизну пространства — времени неизмененной, то эти искривления будут накладываться друг на друга следующим образом:

Если нужно, чтобы они гладко и плавно сливались, то придется, очевидно, их модифицировать.

Как же найти верный способ такого сглаживания? Ответ надо искать в уравнениях поля. Но они оказываются более строгими, чем мы ожидали. Они допускают гладкое и плавное соединение искривлений только в том случае, когда мировые линии обладающих тяготением тел завиваются друг относительно друга в спираль в соответствии с определенными правилами, или, говоря более понятным языком, только в том случае, когда эти обладающие тяготением тела движутся определенным строго ограниченным способом.

Как же они должны двигаться? Возможно, вы уже догадались. В основном — по законам ньютоновской теории гравитации. Но, конечно, не в точности по ним. С отклонением, и именно в этих-то отклонениях проявляется различие между теориями гравитации, построенными Ньютоном и Эйнштейном.

Вот, вне всякого сомнения, главный результат. Но если на этом поставить точку, будет упущено нечто еще более глубокое. В теории Ньютона различаются две части: закон гравитации и законы движения. Аналогично построена и теория Максвелла: уравнения электромагнитного поля плюс ньютоновские законы движения, а как бы между ними — «внешняя» формула, выражающая так называемую силу Лоренца. Теория Эйнштейна тоже, казалось, состоит из двух частей: во-первых, это уравнения гравитационного поля, а во-вторых, правило «наикратчайшего пути» для планетарных движений. Это правило не более чем временная мера: согласно ему, планеты считаются крупинками, не обладающими собственным гравитационным искривлением пространства — времени. Но, как мы теперь видим, фактически теория Эйнштейна не распадается на две части. Уравнения гравитационного поля сами управляют движением, причем движением не просто крупинок, а массивных тел, обладающих

тяготением и собственной кривизной. Уравнения поля не нуждались ни в каких дополнительных правилах. Их самих было достаточно. Таким образом, структура эйнштейновской теории оказалась еще более экономной (это относится к числу правил), еще более простой, еще более однородной и еще более красивой, чем это представлялось ее автору лет за 20 до того, как теория еще только создавалась.

А что, если поместить максвелловские уравнения поля в контекст общей теории относительности? В этом случае еще сильнее, чем прежде, проявилось бы то волшебство, которое сопутствует Эйнштейну при объяснении законов движения. Наряду с движением сила Лоренца — уже на законных основаниях — автоматически вытекала бы из достаточных уравнений поля.

В ходе сложных вычислений встречались и неприятные сюрпризы. Не всегда все получалось так, как того ожидали. Временами ситуация казалась настолько безнадежной, что у сотрудников Эйнштейна опускались руки. Но мужество никогда не покидало Эйнштейна; впрочем, точно так же и изобретательность никогда ему не изменяла. Он решал одну и ту же задачу по десять лет и более, и неудача была для него просто неудачей, а не поражением. Отчаявшимся новым сотрудникам он говорил со смехом, что если уж мир ждал все эти годы, пока данная идея созреет, то еще несколько месяцев не играют никакой роли; а если эта идея окажется в конце концов несостоятельной — что ж, и это не трагедия, если, конечно, проверялась она на совесть.

В трехмерном пространстве для описания движения частицы нужны соответственно три уравнения. Но уравнения четырехмерного гравитационного поля, будучи достаточными, дадут, очевидно, четыре уравнения для описания движения частицы. Сотрудникам Эйнштейна это казалось главной угрозой успеху всего предприятия. Так казалось им, но не Эйнштейну. Он увидел в лишнем уравнении замечательную возможность: оно разрешало бы определенные орбиты и запрещало другие — точно так же, как в теории, разработанной Бором в 1913 г. Вот это была бы подлинная ирония судьбы, если бы после стольких баталий между Эйнштейном и Бором оказалось, что и ранний вариант квантовой теории Бора, и соответствующие квантовые эффекты входили в качестве составной части в общую теорию относительности Эйнштейна. Увы, так не получилось: четвертое уравнение не накладывало никаких ограничений. Тем не менее эта несбывшаяся надежда свидетельствует о настойчивом и всеобъемлющем стремлении Эйнштейна к физическому

единству.

Случалось, что работа заводила в совершеннейший тупик. В таких случаях, если и горячий спор не мог из него вывести, обычно Эйнштейн спокойно говорил на своем весьма своеобразном английском языке: «Я подумаю немного», — переставляя при этом слова и заменяя не получавшиеся звуки другими. Во внезапно наступившей тишине он начинал медленно ходить взад и вперед или по кругу, не переставая накручивать на палец прядь волос. Все это время у него сохранялось мечтательное выражение лица: мысли его, казалось, витали далеко, но взгляд был как бы обращен внутрь. Ничто не говорило о напряженной умственной работе. Никаких внешних признаков глубокой сосредоточенности. Ни следа возбуждения, вызванного недавним спором. Лишь безмятежность и внутренняя собранность: высочайшая работа мысли. Эйнштейн думал. Минута шла за минутой. И вдруг, совершенно неожиданно, он спускался на землю — с улыбкой на лице и готовым сорваться с уст ответом. И при этом он не мог бы даже намеком передать ход рассуждений — если таковые вообще имели место, — приведших его к решению.

20 декабря 1936 г., всего через три года после переезда в Принстон из Европы, умерла жена Эйнштейна Эльза. Постаревший от горя Эйнштейн отказывался прервать работу, уверяя, что сейчас нуждается в ней, как никогда. Первые попытки сосредоточиться на работе были тщетными. Но горе не впервые посетило его, и он уже знал, что в таком случае работа — бесценное противоядие.

Задолго до начала второй мировой войны Эйнштейн, как и Бор, и другие авторитетные ученые, прилагали все силы, чтобы помочь бежать из нацистской Германии тем, для кого пребывание там граничило со смертельной опасностью. Активное участие в этом принимала и Эльза Эйнштейн. В этой связи представляет интерес рассказ уже известного нам скрипача Бориса Шварца. Методы, которыми действует бюрократия, слишком сложны, чтобы можно было вразумительно описать их в книге об Эйнштейне. Борис Шварц и его родители (все они родились в России) стали в свое время подданными Германии. Тем не менее, придя к власти, нацисты лишили их подданства — ведь они в конце концов не перестали быть евреями! В результате этого решения властей Шварцы стали разве что чуть менее уязвимыми, чем евреи — уроженцы Германии. В пределах страны они могли давать концерты исключительно для еврейского населения. Однако им были выданы паспорта без указания подданства, что открывало для них возможность уехать за границу — при

условии, что им удастся получить визы. Но чтобы добиться выездных виз, Шварцам нужно было прежде получить разрешение на въезд в Германию. Хотя нацисты лишили Шварцев подданства, но разрешение на въезд все-таки выдали. Таким образом, Шварцы могли теперь зарабатывать на жизнь, давая концерты за границей.

Однако с каждым днем становилось все очевидней, что дальнейшее пребывание в Германии сулит им одни опасности, а может быть, и гибель. В отчаянии Шварцы обратились к пастору американской церкви в Берлине. Тот написал Эйнштейнам, и в результате Шварцы получили из Америки теплое письмо, датированное 25 августа 1935 г. и подписанное Эльзой Альберти — псевдонимом, по которому нетрудно было догадаться, кто был автором письма. В нем ни разу не было упомянуто опасное имя — *Эйнштейн.* После этого письма последовали другие, несмотря на то что Эльза Эйнштейн в то время была уже серьезно больна.

Тем временем Эйнштейн нажимал на все пружины, и вот в начале 1936 г. Борис Шварц неожиданно получил из американского посольства в Берлине известие, что ему оформили визу на въезд в США. Эти визы пользовались большим спросом, но получить их могли лишь немногие. Чтобы организовать выдачу американской визы, Эйнштейну пришлось не просто использовать свое влияние. От него потребовали подписать поручительство, в котором он давал гарантию, что в случае приезда в США Борис Шварц не будет находиться на попечении государства. Эйнштейн поручился, предоставив при этом (как и в некоторых других случаях) в качестве гарантии свои собственные средства. Однако, если речь шла о лице, не являющемся родственником поручителя, одной подписи было недостаточно. Тогда Эйнштейн уговорил некоего состоятельного американского банкира поручиться вместе с ним за Бориса Шварца. Но даже на этом трудности не кончились. Когда Шварц явился в посольство США, его попросили представить доказательства, что он действительно знаком с Эйнштейном: никто не мог быть уверен в том, что Шварц — а если уж на то пошло, то и сам Эйнштейн, — не пытается ввести власти в обман. Времена были суровые, а правила предоставления въездных виз очень строгие. Сотрудники посольства не могли позволить себе идти на риск; Эйнштейн же, наоборот, не мог не рисковать. К счастью, Шварц располагал неопровержимыми доказательствами. Он представил в посольство фотографии, на которых Эйнштейн, Борис Шварц и его отец изображены музицирующими вместе. Наконец виза была получена, и Шварцу удалось приехать в США, где Эйнштейн уже обратился к дирижеру Юджину Орманди и другим влиятельным в

музыкальном мире лицам, чтобы облегчить Шварцу поиски места. Орманди, чувствуя себя очень польщенным — как-никак сам Эйнштейн обратился к нему с просьбой, — оказал Шварцу всяческую поддержку, после чего уже сам отважился обратиться к Эйнштейну: попросил его фотографию.

Как только Борис Шварц был устроен, его родители смогли приехать вслед за ним, и берлинское трио благополучно воссоединилось в Америке. Когда они все вместе музицировали в Принстоне, удовольствие Эйнштейна, должно быть, стократ увеличивалось при мысли о том, что именно он спас Шварцев от почти неминуемой гибели в газовых камерах нацистских концлагерей.

Шварцам повезло. Мы остановились на этом так подробно, потому что здесь как в зеркале отразились те неустанные усилия, которые предпринимал Эйнштейн, как только речь заходила о том, чтобы помочь друзьям, бывшим коллегам и даже совершенно незнакомым людям избежать преследований нацистов. Действительно, он настолько безотказно раздавал поручительства, что они вскоре подверглись своеобразной инфляции, а это в значительной степени ослабило их действенность. Но так или иначе вмешательство Эйнштейна спасло жизнь многим попавшим в беду людям.

Случай с Инфельдом не совсем подходит под эту категорию. Однако некоторая связь все же прослеживается. Инфельд был известен как одаренный физик; вместе с Эйнштейном он работал над уравнениями движения; наконец, за него лично ходатайствовал сам Эйнштейн; и, несмотря на все это, Инфель- ду никак не удавалось устроиться в Америке. Чтобы как-то выручить его, Эйнштейн в сотрудничестве с Инфельдом стал работать над книгой «Эволюция физики», которая была опубликована в 1938 г. В этой книге величественное развитие физической науки раскрывает для неспециалистов человек, который революционизировал научную мысль и сумел в то же время сохранить связь современной науки с наукой далекого прошлого.

«Эволюция физики» сразу же завоевала успех, и тогда Эйнштейн сказал Инфельду: «Ваша карьера состоялась». Несомненно, эта книга сыграла немалую роль в том, что Инфельд все-таки получил работу в Канаде.

Мы уже упоминали письмо Эйнштейна к Рузвельту от 2 августа 1939 г., где Эйнштейн предупреждал президента о возможности создания урановой бомбы. Спустя неделю, 9 августа 1939 г., Эйнштейн написал серьезное письмо Шредингеру.

Может быть, о бомбе? Нет. На этот раз письмо было

посвящено другой беспокоившей его проблеме — интерпретации квантовой механики. Поздравив Шредингера с удачным примером с кошкой в состоянии квантовой неопределенности — ни определенно живой, ни определенно мертвой, — Эйнштейн пишет о «мистике» (имея в виду Бора), «который запрещает, считая ненаучным, любой вопрос о чем-то, существующем независимо от того, проводится над ним наблюдение или нет, т. е. вопрос о том, жива ли кошка в некоторый определенный момент до проведения наблюдения». В этом письме Эйнштейн дважды возвращается к тому, что он «по-прежнему убежден», что квантовая механика дает неполное описание действительности. А в конце письма есть место, которое, видимо, касается не только проблем квантов, но и надежды Эйнштейна на возможность их разрешения с помощью единой теории поля. «Я пишу Вам это, — обращается он к Шредингеру, который, как известно, был одним из самых его верных сторонников, — не питая ни малейших иллюзий, что мне удастся убедить Вас, но с единственным намерением объяснить Вам мою точку зрения, придерживаясь которой я остался в полном одиночестве».

Через три дня Эйнштейн написал бельгийской королеве-матери. Может быть, об урановых рудниках? Нет. На этот раз Эйнштейн говорил о своей ностальгии по Европе, о том, как приятно проводит лето, занимаясь плаванием на яхте и камерной музыкой, и о преимуществах, которые таит в себе одиночество.

В 1935 г. все члены семьи Эйнштейна ненадолго отправились на Бермуды, чтобы затем вернуться в Соединенные Штаты уже с постоянными визами. 22 июня 1940 г., по прошествии обязательного пятилетнего срока, Эйнштейн, его дочь Марго и секретарь прошли необходимую проверку для получения американского гражданства. 1 октября они были приведены к присяге как граждане США. «Битва за Англию» — в самом разгаре. Судьба всей цивилизации поставлена на карту. Обстановка во всем мире омрачилась. Спустя несколько месяцев, под натиском нацистских армий пала Франция — это произошло в тот самый день, когда семья Эйнштейна проходила проверку для получения американского гражданства. Ровно через год, день в день, немцы напали на Россию, и, казалось, нацизм близок к полной победе. Но, как мы знаем, ход войны уже был изменен. Поэтому будет уместным рассказать здесь об ошибочной и малоизвестной теории, которую Эйнштейн выдвинул тремя годами позднее.

Война в Европе к тому времени уже близилась к концу. 6 июня 1944 г. — на востоке в это время наступали русские — американцы, англичане и канадцы осуществили грандиозную

десантную операцию и форсировали Ла-Манш, создав береговой плацдарм в Нормандии. Гитлер с его мечтой о покорении мира был обречен на гибель. К ноябрю армия Германии уже была в тяжелом положении и отступала на обоих фронтах. 16 декабря 1944 г. немцы развернули внезапное наступление в Бельгии и едва не прорвали оборону союзников; это наступление получило название «Битва за Бульж»[44]. Узнав о наступлении немцев, Эйнштейн не на шутку встревожился. Он рассуждал примерно так. Все говорит за то, что нацистская Германия уже проиграла войну. Почему же тогда немцы, идя на большие потери, предпринимают контрнаступление, которое в результате не может им ничего дать? Очевидно, у них есть на то веские причины. Эйнштейн предположил, что им удалось создать бомбу, которую он назвал «радиоактивной», так что ценой многих человеческих жизней они хотели выиграть время, необходимое для подготовки к применению бомбы. Не мог он знать, что никакой бомбы у немцев не было и что немецкие армии пошли в наступление по личному приказу Гитлера — это была его последняя отчаянная авантюра.

После того как захлебнулось это контрнаступление и закончились неудачей попытки нацистов использовать ядерные взрывчатые вещества, Эйнштейн мог без труда заключить, что фашистам все-таки не удалось создать действующую атомную бомбу. Но сохранялась угроза американской бомбы, и взрыв над Хиросимой подтвердил его самые худшие опасения. Ужас перед этой бомбой, в чьих бы руках она ни оказалась — будь то оголтелые диктаторы или рафинированные демократы, — тяжелым грузом лежал на его совести. И не потому, что он в тревоге за судьбы мира написал письмо Рузвельту в 1939 г., опасаясь, что нацистам удастся первым создать новое оружие и поставить мир на колени; не потому, что, ничего не подозревая, он в 1907 г. выдвинул формулу $E=mc^2$. Нет, не по этим причинам, а как человек, занимающий единственное в своем роде общественное положение, он ощущал глубочайшую моральную ответственность и считал своим долгом использовать до конца все свое влияние, чтобы уберечь человечество от ужасов, которые, несмотря на трагедию Хиросимы и Нагасаки, оно еще не сознавало.

Когда бы ни представлялся случай — а их было немало, поскольку ему часто доводилось выступать перед общественностью, — он всегда предупреждал об опасности, которую несла миру атомная бомба, и горячо призывал к созданию Всемирного правительства. Когда в 1946 г. ведущие ученые объединили свои усилия, сформировав Чрезвычайный

комитет ученых-атомников, они обратились к Эйнштейну — да, именно к Эйнштейну, чьи взгляды на квантовую механику они отвергали и чьи поиски единой теории поля игнорировали, — именно к нему, самому знаменитому из всех них обратились ученые с просьбой стать председателем этого комитета. И Эйнштейн, не колеблясь ни минуты, принял это предложение. Ведь для того, чтобы выполнить свою задачу, Комитет должен был завладеть самым пристальным вниманием и общественности, и влиятельных политических деятелей. Нужны были и деньги, чтобы выполнить колоссальную по своим масштабам задачу — донести до сознания людей элементарные вещи: например, что Америка не обладает вечной монополией на «секрет» производства атомной бомбы, что другие государства неизбежно сами раскроют этот секрет и что политическая структура всего мира устарела.

Не жалея сил занимался Эйнштейн такого рода деятельностью. Он страстно призывал к созданию межгосударственной военной организации, целью которой было бы сохранение мира между народами. Эта идея почти всем представлялась безнадежным предприятием. Она высказывалась и раньше, причем в более спокойное время, но ни к чему не привела. Так можно ли было надеяться, что на сей раз — пусть даже под угрозой уничтожения рода человеческого — она будет воплощена? Но без той или иной формы всемирной власти Эйнштейн не представлял себе безопасного будущего для человечества.

Несмотря на то что печальное прошлое (да и атомное будущее тоже) не давало его душе покоя, Эйнштейн по-прежнему умел находить в жизни радость и удовлетворение, а в упорных поисках единой теории поля — внутренний покой. Мы уже описывали некоторые его попытки в этой области, так что пропустим остальные и расскажем о теории, которая была изложена им в статье, опубликованной в 1945 г. Работе над этой теорией, которая претерпела множество изменений, Эйнштейн посвятил остаток жизни. Она была связана с теорией 1925 г., той самой, в которой появился несимметричный тензор $g_{\mu\nu}$ содержащий 16 компонент, 10 из которых использовались для описания гравитации, а 6 — для электромагнетизма. Таким образом, в произнесенных Эйнштейном в 1925 г. словах «я уверен, что нашел теперь правильное решение», было что-то пророческое.

Эта последняя теория Эйнштейна не поддается элементарному изложению. Понимание могли бы облегчить картинки, но их нет. Теория до предела насыщена математикой. В

течение многих лет Эйнштейн — и в одиночку, и с помощниками — преодолевал одну трудность за другой лишь для того, чтобы столкнуться с новыми препятствиями. Многие исследователи, и среди них Инфельд, показали, что уравнения поля вели к явно ошибочным описаниям движения: электрически заряженные частицы должны были бы двигаться так, как будто у них не было заряда. Несмотря на это, Эйнштейн сохранял веру в эту теорию. В ее окончательном виде без уравнений поля можно было обойтись. Кроме того, Эйнштейн в течение долгого времени пытался добиться еще более глубокого единства — единства поля и материи, которые хотя и были друг с другом связаны, но до сих пор представляли собой принципиально различные сущности. В общей теории относительности уравнения поля теряли свою чистоту как раз в тех местах, которые относились к материи. Эйнштейн подчеркивал, что, казалось, не было способа сохранить общую теорию относительности без понятия поля. Он утверждал также, что если считать целиком и полностью справедливой основную идею теории поля, то материя должна проникать в нее не контрабандным путем, а как честная и полноправная часть самого поля. Можно было бы возразить, что Эйнштейн пытается создать материю всего-навсего из витков пространства — времени. Поэтому в новой теории Эйнштейн стремился найти такие чистые уравнения поля, которые оставались бы чистыми даже там, где место принадлежало материи. Он надеялся, что материя будет в таком случае проявляться в виде своего рода комков на поле. Он надеялся также, что если добиваться решений чистых уравнений поля — на научном языке это называется решениями, свободными от сингулярностей, — то автоматически возникнут ограничения, которые соответствовали бы существованию атомов и квантов. Большинству физиков эта возможность казалась крайне отдаленной — и то, если они в принципе соглашались с тем, что она может иметь место. На практике же математические трудности были поистине огромными. Предположим, что Эйнштейну удалось бы найти соответствующие уравнения поля. Как бы стал он искать желанные решения, свободные от сингулярностей? Он знал, что никакого стандартного, готового к применению метода не было. И все же он продолжал бороться, повторяя в отчаянии: «Мне нужно еще больше математики».

В 1948 г. в Цюрихе скончалась первая жена Эйнштейна, Милева. С ее смертью оборвалась еще одна ниточка, связывавшая его с прошлым. Здоровье самого Эйнштейна вызывало серьезные опасения, и в конце года он перенес операцию брюшной полости. По словам его близкого друга, «эта операция имела, скорее,

характер обследования, и мы в то время с огромным облегчением узнали, что обнаружено всего лишь „расширение брюшной аорты“».

Несмотря на то что пребывание во Флориде помогло его выздоровлению, Эйнштейн все еще был слаб. Однако он поспешил как можно скорее попасть обратно в Принстон, руководствуясь отчасти целью быть ближе к своей сестре Майе. Она приехала навестить его в 1939 г. и, когда разразилась война, осталась в Принстоне. В мае 1946 г. она перенесла удар, который привел к параличу. В таком состоянии она дожила до июня 1951 г. Вскоре после ее смерти Эйнштейн написал своему кузену:

«В течение нескольких последних лет я каждый вечер читал ей вслух лучшие произведения и классической, и современной литературы. Поразительно, что, несмотря на прогрессирующий недуг, ее рассудок не пострадал, хотя перед самой смертью она уже едва могла говорить. Никто не может представить себе, как мне не хватает ее теперь. Но я с облегчением думаю о том, что все мучения для нее уже позади…»

Эти годы, когда Эйнштейн ежевечерне читал вслух умирающей сестре литературные шедевры, были подобны для него печальному отголоску чтений в жизнерадостной «Академии Олимпия». Тогда тоже читались шедевры. В 1953 г. по приезде в Париж Габихт встретился с Соловином. Это произошло 12 марта, за два дня до 74-летия Эйнштейна. Растроганные воспоминаниями о чудесных днях, проведенных в Берне полвека назад, два немолодых уже человека отправили Эйнштейну открытку с изображением Собора Парижской богоматери. Адрес был написан по-французски: «Президенту „Академии Олимпия“ Альберту Эйнштейну, Принстон, Нью-Джерси, США». Конечно, открытка дошла до адресата. На маленьком пространстве открытки еле-еле уместились следующие два ностальгических послания, написанных по-немецки:

«Его преосвященству, несравненному президенту нашей Академии:

Сегодня состоялось печальное, но торжественное заседание нашей всемирно известной Академии. Оставленное для Вас место так и осталось незанятым, но оно всегда Вас *ждет.* Да, *ждет, ждет* Вашего приезда. Габихт.

И я, некогда член славной Академии, с великим трудом сдерживаю слезы при виде пустующего кресла, которое Вам надлежало бы занять. И мне остается лишь выразить Вам свое глубочайшее почтение, величайшую признательность и самые сердечные пожелания. М. Соловин».

Несмотря на плохое самочувствие, Эйнштейн не утратил остроумия. С шутливой торжественностью, плохо скрывающей его собственную ностальгию, 3 апреля 1953 г. он написал в ответ:

«Бессмертной „Академии Олимпия“!

В течение всего своего непродолжительного активного существования ты с детской радостью наслаждалась всем, что было ясно и разумно. Твои члены создали тебя для того, чтобы посмеяться над твоими более важными, старыми и чванливыми сестрами. Насколько им это удалось, я вполне могу судить по собственным тщательным и многолетним наблюдениям.

Мы, все три твоих члена, оказались долговечными. Хотя сейчас мы уже немного одряхлели, но твой чистый и живительный свет все еще сияет для нас и служит нам путеводной звездой, ибо ты нисколько не постарела и не поникла, как выросший среди бурьяна росток салата.

До последнего высокоученого вздоха я останусь верным и преданным тебе!

А.Э. — твой ныне всего лишь член-корреспондент».

Годы неумолимо брали свое. Еще в январе 1951 г. Эйнштейн писал бельгийской королеве-матери:

«Велико мое желание вновь увидеть Брюссель, но, скорее всего, такой возможности мне уже больше не представится. Из-за моей специфической популярности кажется, что все, что я ни делаю, превращается в нелепую комедию, это вынуждает меня держаться поближе к дому и редко покидать Принстон.

Я больше не играю на скрипке. С годами мне становится все более невыносимым слушать собственную игру. Надеюсь, Вас не постигла та же участь. Что еще остается мне — это бесконечная работа над сложными научными проблемами. Волшебное очарование этой работы останется со мной до последнего вздоха».

Через полтора года, 6 июня 1952 г., он писал:

«Что же касается моей работы, то она уже не дает больших результатов».

В 1954 г. он написал бельгийской королеве-матери:

«Я стал enfant terrible[45] на моей новой родине, потому что не могу держать язык за зубами и принимать все, что здесь происходит».

Это произошло отчасти потому, что сенатор Джозеф Маккарти (его деятельность сенат США впоследствии осудил) клеймил людей и обвинял их в ведении подрывной деятельности. Эти обвинения вместе с громогласными демагогическими изобличениями «коммунистов» заставляли многих дороживших своей карьерой политических деятелей — в том числе и людей

неробкого десятка — смириться и проявить мягкотелость.

В атмосфере маккартистской лихорадки Эйнштейн смело выступал против угроз интеллектуальной свободе. Он и сам подвергался яростным нападкам со стороны некоторых американцев из-за того, что поддерживал непопулярные в то время начинания. Когда Инфельд, не принимавший никакого участия в создании атомной бомбы, принял предложение занять место профессора на своей родине, в Польше, в прессе началась истерика: мол, Инфельд так или иначе раскроет «коммунистам» какие-то секреты, связанные с производством атомного оружия. Неоднократно исказившись и без того в искаженном воображении обывателей, вся эта кампания дискредитировала в какой-то мере и Эйнштейна.

В атмосфере страха и подавления свободомыслия, царивших в Америке в эру маккартизма, некий учитель, попавший в лапы сенатской Комиссии по расследованию антиамериканской деятельности, обратился за поддержкой к Эйнштейну. И 16 мая 1953 г. больной Эйнштейн написал ему получившие широкий резонанс слова:

«Проблема, вставшая перед интеллигенцией этой страны, весьма серьезна. Реакционные политики посеяли подозрения по отношению к интеллектуальной активности, запугав публику внешней опасностью. Преуспев в этом, они подавляют свободу преподавания, увольняют непокорных, обрекая их на голод. Что должна делать интеллигенция, столкнувшись с этим злом? По правде, я вижу только один путь — революционный путь неповиновения в духе Ганди. Каждый интеллигент, вызванный в одну из комиссий, должен отказаться от показаний и быть готовым к тюрьме и нищете. Короче, он должен жертвовать своим благополучием в интересах страны.

Отказ от показаний… должен быть основан на убеждении, что для гражданина позорно подчиниться подобной инквизиции, оскверняющей дух конституции.

Если достаточное число людей вступит на этот тяжелый путь, он приведет к успеху. Если нет — тогда интеллигенция этой страны не заслуживает ничего лучшего, чем рабство».

В те дни небезопасно было писать такое даже в частном письме. Но Эйнштейн добавил постскриптум, в котором говорилось: «Не нужно рассматривать это письмо как „конфиденциальное“». И тем самым (надо учитывать, каким человеком был Эйнштейн и что он собой представлял) он превратил это письмо в публичный манифест, прозвучавший на весь мир.

Теперь-то мы хоть отчасти понимаем, и кем был Эйнштейн, и

что он собой представлял. По общему признанию, достижения современной квантовой механики намного превзошли (и количественно, и по достигнутой точности) достижения общей теории относительности. И хотя в создании квантовой механики принимало участие много умов, собственно вклад Эйнштейна в ее развитие был весьма значительным. Более того, специальная теория относительности играет выдающуюся роль в современных исследованиях по квантовой механике. А что касается монументальной общей теории относительности, то она была (и это существенно) творением одного человека и потому стоит в числе величайших научных достижений всех времен. И что бы ни было уготовано нам в будущем, теория относительности Эйншейна остается незыблемой. Ибо хотя все теории смертны, тем не менее великие теории, подобно шедеврам искусства, навсегда сохраняют свое величие.

Эйнштейн, говоря в «Автобиографических набросках» о теории относительности, вынужден был упомянуть о затруднениях, связанных с использованием системы Ньютона. Резко прервав свое повествование, Эйнштейн обратился непосредственно к Ньютону со словами:

«Довольно об этом. Прости меня, Ньютон: ты нашел единственный путь, возможный в твое время для человека величайшей научной творческой способности и силы мысли. Понятия, созданные тобой, и сейчас еще остаются ведущими в нашем физическом мышлении, хотя мы теперь и знаем, что если будем стремиться к более глубокому пониманию взаимосвязей, то мы должны будем заменить эти понятия другими, стоящими дальше от сферы непосредственного опыта».

Что же за человек обратился к Ньютону сквозь века? Человек чрезвычайно простой и скромный, с широко раскрытыми от удивления глазами ребенка. Присущее Эйнштейну ощущение таинственного и трагического явственно проступает сквозь строки письма, написанного бельгийской королеве-матери в 1939 г.:

«Я благодарен судьбе за то, что она сделала жизнь волнующим переживанием, так что жизнь показалась осмысленной». *«Показалась* осмысленной» — и это говорит Эйнштейн.

Но нельзя допускать, чтобы подобные мрачные мысли заслонили другое: чувство неподдельного веселья, которое находило у него выход в громогласном хохоте; его любовь к забавным механическим новинкам; готовность сочинять посредственные стишки; его озорство и лукавство. Например, посылая давнему другу свою фотографию, Эйнштейн написал

следующие строки:

> Таков теперь твой старый друг.
> Увы! Не скроешь ты испуг…
> Но суть — под оболочкой бренной.
> Да и не все ль равно Вселенной?[46]

Он был по своей натуре бунтарем, ему нравилось пренебрегать условностями. При первой возможности он одевался так, как ему было удобно, ничуть не заботясь о том, чтобы производить впечатление. Вообще все внешнее, не исключая и внешнего вида, не играло для Эйнштейна большой роли, скорее даже было лишними сложностями и обузой. Во всем Эйнштейн искал простоту. Наука была его страстью; другой его страстью была музыка. Сестра Эйнштейна рассказывает, что он, бывало, останавливался во время игры на скрипке и восклицал: «Ну, теперь я нашел!» Подразумевалось, что ему пришло в голову решение какой-то научной задачи. Скрипка, как и наука, была постоянным спутником Эйнштейна, сопровождавшим его во всех путешествиях. Чем бы он ни был занят, научные проблемы никогда не оставляли его.

Как-то он помешивал чай и заметил, что чаинки собираются на дне в центре, а не по краям чашки. Он нашел этому объяснение, которое неожиданно связал с чем-то крайне далеким: изгибами русла рек. Когда Эйнштейн шел по песку, он с удивлением замечал нечто всем давно известное и не требующее размышлений: а именно, что мокрый песок служит плотной опорой для ног, тогда как сухой песок и песок в воде — нет. И этому Эйнштейн тоже нашел научное объяснение.

Его отношение к музыке было таким же, как и его отношение к науке, — выше всего он ставил естественность и простоту прекрасного. Моцарт был его идеалом. Когда кто-то сказал ему, что Бетховен более великий композитор, Эйнштейн с этим не согласился. Он сказал, что музыка Бетховена создана, а вот музыка Моцарта настолько совершенна, что кажется, будто она всегда существовала во Вселенной и ожидала прихода Мастера, который открыл бы ее. И совсем по-другому поводу, рассуждая об опустошении, которое явится результатом ядерной войны, Эйнштейн сказал, что тогда люди больше не услышат Моцарта. На первый взгляд, это замечание крайне неуместно. А между тем — как еще всего несколькими словами столь глубоко выразить мысль о разрушении цивилизации?

Всемирная слава была для Эйнштейна подарком судьбы, и он полагал священным своим долгом распорядиться этим подарком

ко всеобщему благу. Он знал, какой огромный вес имело его имя. И он страстно высказывался в защиту свободы человека; его совесть не позволяла ему отказывать тем, кто обращался к нему за помощью.

Об Эйнштейне ходит много анекдотов, раскрывающих человеческую сторону его натуры. Штраус рассказывает, что кошка Эйнштейна очень тяжело переносила дождливую погоду, и Эйнштейн, извиняясь, говорил ей: «Моя дорогая, знаю, что это плохо, но я действительно не знаю, как это выключить». А когда у кошки Штрауса появились котята, Эйнштейну очень захотелось посмотреть на них. А теперь пусть сам Штраус продолжит рассказ:

«[Эйнштейн] пошел с нами, сделав крюк по дороге домой. Он смутился, увидев, что нашими соседями были сотрудники Института, и сказал: „Давайте пойдем побыстрее. Здесь так много людей, от чьих приглашений я отказался. Надеюсь, они не узнают, что я пришел навестить ваших котят“».

У Эйнштейна был дар общения с людьми: все, кто приходил к нему, сразу же начинали чувствовать себя как дома, и не столько благодаря тому, что говорил хозяин, сколько в силу его отношения к ним. Ему не нужно было возвышаться над людьми; у него не было на то никакого желания. Со всеми он обращался как с равными, а его необыкновенная естественность и врожденная скромность не позволяли гостям даже почувствовать себя польщенными, ибо лесть явно даже не подразумевалась. Не было также ни следа снисходительности, которая так часто скрывается за заученным дружелюбием других. Он не был как все. У него были свои чисто человеческие слабости, но его величие было тем более заметно благодаря его простоте.

Он просто и бесстрашно, как библейский пророк, высказывал свое мнение по вопросам общественной жизни, ибо был глубоко озабочен делами ближних. И все же он писал:

«Страстный интерес к социальной справедливости и чувство социальной ответственности противоречили моему резкому предубеждению против сближения с людьми и человеческими коллективами. Я всегда был лошадью в одноконной упряжке и не отдавался всем сердцем своей стране, государству, кругу друзей, родным, семье. Все эти связи вызывали у меня тягу к одиночеству, и с годами стремление вырваться и замкнуться все возрастало».

Он написал это в 1930 г. До самого конца его жизни ничего в этом плане не изменилось.

Тем не менее Эйнштейн находил удовольствие не только в работе, но и в признании ее другими учеными. Когда Лондонское

Королевское астрономическое общество наградило его в 1925 г. Золотой медалью, Эйнштейн писал:

«Тому, кому удается найти идею, позволяющую проникнуть несколько глубже в вечную тайну природы, оказана великая милость. Кто при этом заслуживает еще признания, симпатии и авторитета у лучших людей своего времени, тот получает, пожалуй, большее счастье, чем может вынести человек».

Он оставил нам и другие ключи к разгадке тайны своей внутренней сути, но пользоваться этими ключами мы можем, исходя лишь из собственного опыта, а не из опыта Эйнштейна. Он писал, например: «Самое прекрасное из доступного нам опыта — это таинственное. Это главное наше переживание; оно стоит у колыбели истинного искусства и истинной науки». Но даже если бы нам самим довелось узнать творческий экстаз художника или религиозного мистика, все равно мы могли бы лишь косвенно ощутить то, что чувствовал Эйнштейн. За его словами кроется исключительно его собственный трансцендентальный опыт. Эйнштейн был художником в душе, однако сферой его творчества была наука. И он был одержимым человеком. Часто, когда им полностью овладевала какая-то идея, он продолжал работать до полного изнеможения. Если эта идея не поддавалась ему, он с диким упорством из года в год вновь и вновь возвращался к ней. Эйнштейн насмехался над теми, кто считал такую интеллектуальную работу неподдельной радостью; он говорил: «Кто знает, что это такое, тот не мчится сюда во весь опор».

Была, правда, и радость, причем радость огромная. Но Эйнштейн работал, потому что не мог не работать. Он находился во власти неумолимых обстоятельств и был беспомощен перед ними. В 1950 г., выражая благодарность даме, которая прислала ему стихотворное поздравление с днем рождения (ему исполнился 71 год), он писал:

«Чувство неловкости охватывает меня при неминуемом приближении дня рождения. Весь год Сфинкс пристально смотрит на меня с упреком; он вычеркивает из жизни все личное и причиняет мне боль, напоминая о Непостижимом. Затем наступает этот ненавистный день, когда любовь моих ближних доводит меня до состояния безнадежной беспомощности. Сфинкс ни на минуту не отпускает меня, и вот я мучаюсь угрызениями совести, будучи не в состоянии отплатить за всю эту любовь, ибо мне не хватает внутренней свободы и раскованности».

По другому поводу Эйнштейн воспользовался иной метафорой. В 1945 г. он благодарил Германа Броха[47], который прислал ему свою книгу о поэте Вергилии. Эйнштейн воспользовался образами из «Фауста», написав: «Я очарован

вашей „Смертью Вергилия“ — и упорно сопротивляюсь ей. Эта книга ясно показывает мне, чего я избежал, когда продал и тело и душу Науке, — бегства от Я и Мы к Ней, к Науке».

Он попытался описать свой метод мышления, говоря, что его существенной частью была «довольно неопределенная» внелогическая игра со «зрительными» и «двигательными» знаками, после чего нужно было «подыскивать с трудом» поясняющие их слова.

Много ли можно из этого почерпнуть? Не становимся ли мы похожими на лишенных слуха людей, пытающихся понять симфонию? Вот, например, 19 марта 1949 г. в Принстоне состоялся симпозиум в честь 70-летия Эйнштейна. В нем приняли участие лишь несколько выдающихся ученых разных специальностей. В присутствии Эйнштейна они подробно излагали его достижения. Но наиболее яркое выступление получилось спонтанно, и оно было красноречивым именно в силу недостатка в нем красноречия. Среди докладчиков был лауреат Нобелевской премии И. А. Раби. Доклад был подготовлен им заранее, однако в ходе выступления Раби, казалось, вдруг осознал всю тщету попыток донести особую магию гения Эйнштейна даже до специалистов. Он остановился на полуслове, выражая жестами полную беспомощность, и, указав на часы у себя на руке, выпалил в благоговейном удивлении: «Все началось с этого!»

Давайте теперь выслушаем Эйнштейна. 28 марта 1949 г. он написал письмо Соловину, поздравившему его с 70-летием. В письме, в частности, говорилось:

«Вам кажется, что я взираю на труд моей жизни со спокойным удовлетворением. Вблизи все это выглядит иначе. Нет ни одного понятия, в устойчивости которого я был бы убежден. Я не уверен вообще, что нахожусь на правильном пути».

И в этом не было ни капли ложной скромности. Эйнштейн знал цену своей работе. Но ему была также известна недолговечность всех теорий. Кто мог знать это лучше, чем он, — ведь это он разрушил основы даже такого устойчивого здания, как теория Ньютона. Вспомним слова самого Ньютона, сказанные им в конце жизни:

«Не знаю, кем я являюсь миру; но самому себе я кажусь лишь мальчиком, играющим на берегу моря и время от времени забавляющимся тем, что находит более гладкий камешек или более красивую раковину, а великий океан так и непознанной истины простирается передо мной». В течение некоторого времени в конце 1954 г. Эйнштейн болел и был очень слаб. Он знал, что ему недолго осталось жить на этом свете. Не раз он говорил о смерти как об избавлении; например, в письме от 5

февраля 1955 г.: «Я теперь смотрю на смерть, как на старый долг, который нужно наконец заплатить». И все-таки ему пришлось перенести при жизни еще одно страшное горе. В марте 1955 г. умер его друг Мишель Бессо — тот самый Бессо, которому он выражал свою признательность в 1905 г. в конце статьи «К электродинамике движущихся тел». 21 марта 1955 г. Эйнштейн написал сыну и сестре Бессо:

«Наша дружба возникла в студенческие годы в Цюрихе, где мы регулярно встречались на музыкальных вечерах… Позднее нас вело вместе Бюро патентов. Наши разговоры, когда мы вместе возвращались домой, были полны ни с чем не сравнимого обаяния… И теперь своим прощанием с этим удивительным миром он также меня немного опередил. Но это ничего не значит. Для нас, убежденных физиков, различия между прошлым, настоящим и будущим лишь иллюзия, пусть даже и устойчивая иллюзия».

Бессо и в самом деле совсем ненамного опередил его. Всего через несколько недель прощаться с жизнью предстоит самому Эйнштейну. Однако пока этого не произошло, его ждали важные дела. Встревоженный гонкой ядерных вооружений, Бертран Рассел занимался в Англии подготовкой обращения, которое, как он рассчитывал, подпишет группа самых выдающихся ученых во всем мире. Это обращение предупреждало об опасности, угрожающей человечеству. Рассел обратился за поддержкой к Эйнштейну, и Эйнштейн с радостью откликнулся на его просьбу. 2 марта 1955 г. он написал о проекте Рассела Бору. Письмо начиналось так:

«Не хмурьтесь! Это письмо не имеет ничего общего с нашей давней полемикой по физическим проблемам; скорее оно затрагивает вопрос, по которому наши мнения полностью совпадают». К концу письма звучат не менее откровенные слова:

«В Америке все осложняется тем, что наиболее известные ученые, занимающие официальные должности и пользующиеся влиянием, едва ли проявят склонность к такой „авантюре“. Мое личное участие может привести к определенным благоприятным результатам за. границей, но не здесь, где я пользуюсь репутацией отщепенца (это относится не только к научным вопросам)».

В длинном обращении Рассела — Эйнштейна, опубликованном уже после смерти Эйнштейна, прямо говорится: «Дилемма, стоящая перед нами, — мир или уничтожение?»

Обращение подписали одиннадцать человек. Бора среди них не было. Он и ряд других ученых придерживались, возможно,

более реалистичных взглядов, чем Рассел и Эйнштейн, обращение которых они склонны были считать бесполезной затеей. Эйнштейн же не мог промолчать, когда жить ему оставалось так немного. Обращение Рассела — Эйнштейна сыграло свою роль: в дальнейшем состоялось несколько международных конференций (в них принимали участие и ученые), которые сыграли не последнюю роль в попытках установить контроль за распространением ядерного оружия.

Подписание этого обращения было последним действием Эйнштейна на общественной арене. В связи с седьмой годовщиной образования государства Израиль, наступавшей через месяц, Эйнштейна попросили подготовить текст обращения по вопросам культуры и науки, которое должны были транслировать в официальной части торжества. Вместо этого он попытался повлиять на мировое общественное мнение, затронув арабо-израильские отношения и рассматривая их в контексте поддержания мира на земле. Несмотря на плохое самочувствие, И апреля 1955 г. и вновь 13 апреля Эйнштейн провел беседу с официальными представителями Израиля. Позднее, в тот же день, 13 апреля, у него начались страшные боли в животе, появились и другие тревожные симптомы. В пятницу, 15 апреля, состояние Эйнштейна стало настолько плохим, что его положили в больницу. Он знал, что смерть его близка. Несмотря на боль, которую он испытывал, Эйнштейн ворчливо, но мягко заметил близкому другу: «Не огорчайся. Каждому когда-нибудь предстоит умереть». Он спросил у врачей, будет ли смерть его мучительна, но они затруднялись сделать какой-либо прогноз. Благодаря полученному в больнице лечению боли уменьшились. В субботу он попросил принести ему очки, а в воскресенье — свои расчеты и заметки для выступления в официальной церемонии в Израиле. Когда его дочь Марго, которая в то время находилась в той же больнице, привели к нему, она сначала не узнала его — настолько лицо Эйнштейна было бледно и искажено болью. Приехал из Калифорнии старший сын Эйнштейна. Приехал к Эйнштейну, чтобы провести с ним последние его дни и часы, и Отто Натан — экономист, близкий друг Эйнштейна и его поверенный.

За два года до этого Эйнштейн написал бельгийской королеве-матери: «Странное дело — старость: постепенно теряется внутреннее ощущение времени и места; чувствуешь себя принадлежащим бесконечности, более или менее одиноким сторонним наблюдателем, не испытывающим ни надежды, ни страха». Через девять месяцев Эйнштейн сформулировал свое отношение к страху перед смертью словами, которые воскрешают

в памяти взгляды древнеримского поэта Лукреция, рассуждавшего о свойствах атомов:

«Думать со страхом о конце жизни, в общем-то, свойственно человеку. Это одно из тех средств, которое использует природа для сохранения жизни видов. Если подойти к этому рационально, то страх перед смертью оказывается наибрлее иррациональным изо всех страхов, ибо тот, кто умер, или тот, кто еще не родился, ничем не рискует. Короче, страх перед смертью — это глупость, но он существует, и с этим ничего не поделаешь».

И вот, когда настал его черед, Эйнштейн без страха, даже с вызовом смотрел смерти в лицо. Он был спокоен, не волновался и был готов уйти в последний путь. Спокойно, с присущим ему юмором он говорил о своих делах и о науке, с некоторой грустью — об Америке и о слабой надежде на мир на земле. Так провел Эйнштейн свои последние часы. В воскресенье вечером он заснул, а 18 апреля 1955 г., через час с небольшим после полуночи, произошел разрыв стенки аорты, и сердце Эйнштейна перестало биться.

Более чем за два века до этого, когда умер Ньютон и весь мир скорбел об утрате, тело его было выставлено в торжественной обстановке для прощания, а прах с королевскими почестями погребен в Вестминстерском аббатстве в сердце Лондона, рядом с прахом величайших сынов Англии.

Когда умер Эйнштейн, тоже скорбел весь мир. Но Эйнштейн попросил, чтобы у него не было ни похорон, ни могилы, ни памятника. Тихо, в присутствии лишь самых близких, его тело было предано кремации близ Трентона в штате Нью-Джерси. В соответствии с пожеланием самого Эйнштейна способ захоронения праха был сохранен в тайне от всех. Не должно было остаться никакого места на земле, пусть даже самого скромного, которое можно было бы превратить в святыню. Но река по имени Время продолжала свое течение и несла его прах, где бы он ни был, к великому океану, на берегу которого играл когда-то и Ньютон.

notes

Примечания

1

См.: Эйнштейн А. Собр. научн. трудов, IV. М., 1967, с. 259–293.

2

См.: Эйнштейн А. Собр. научн. трудов, IV. М., 1967, с. 269–570.

3

Prigogine I. et Stengers I. La Nouvelle Aliance. Métamorphose de science. Paris, Gallimard, 1979.

4

Albert Einstein — Michel Bess o. Correspondance 1903–1955. Treduction, notes et introduction de Pierre Speziali. Paris, 1972, 558 p. Часть этой переписки переведена в «Энштейновских сборниках» 1974 и 1975 гг.

5

См. указанную выше книгу И. Пригожина и И. Стенгерс, а также: Кузнецов Б. Г. Этюды о метанауке. М., «Наука», 1982, с. 19–50.

6

Prigogine I. et Stengers I. La Nouvelle Alliance. Métamorphose de la science, p. 274–276.

7

Métier *(фр.)* — «профессия», «ремесло». — *Прим, перев.*

8

Писал под псевдонимом Антон Райзер.

B: Einstein A.: Philosopher-Scientist, ed. Paul A. Schilpp. Library of Living Philosophers. Evanston, III., 1949.

10

Autobiographisches *(нем.)* — «нечто автобиографическое». — *Прим, перев.*

11

Это был тот самый преподаватель греческого, который предсказывал, что из Эйнштейна никогда ничего путного не выйдет.

12

Должность приват-доцента являлась первой ступенью в академической карьере.

13

Coup de grâce *(фр.)* — «решительный, смертельный удар». — *Прим. перев.*

14

Если вы уже что-то читали о теории относительности, не спешите делать выводы. На данном этапе мы говорим не о том, что вы, вероятно, имеете в виду.

15

Эйнштейн обозначает энергию в виде света буквой *L*. Как и в предыдущей статье, для скорости света он использует обозначение *V*, а не *c*. Однако мы приводим здесь более привычные для читателя символы.

16

Автор, очевидно, имеет в виду, что числу 7 нередко придается сакральное значение; оно используется в ритуальных обрядах и вошло в этом качестве в фольклор разных народов. В современной культуре после публикации американским психологом Дж. Миллером исследования, посвященного оперативному запоминанию человеком информации, число 7 именуется иногда «магическим» (см.: Миллер Дж. Магическое число семь плюс или минус два. — В: Инженерная психология. М., «Прогресс», 1964). — *Прим перев.*

Это, строго говоря, не главная причина, однако для наших целей этого достаточно.

18

«Principia» («Начала») — сокращенное название основного труда Исаака Ньютона «Математические начала натуральной философии» (1687). — *Прим, перев.*

19

Aclab от слов accelerated — «ускоренная» и laboratory — «лаборатория». — *Прим, перев.*

20

Gravlab от слов gravitational — «гравитационная» и laboratory — «лаборатория». — *Прим, перев.*

На рисунке величина этого изгиба сильно преувеличена.

Для тех, кому это интересно, мы приводим суть рассуждений. Представьте, что часы А. Нижнего излучают электромагнитные волны, чьи колебания совпадают по частоте и фазе с их тиканьем. Из-за постоянно нарастающей скорости Aclab последовательные гребни волн должны проходить стабильно возрастающие расстояния, чтобы догнать удаляющегося А. Верхнего. Таким образом, они будут достигать его в моменты, более отдаленные по времени, чем удары при тиканье его часов (это явление называется эффектом Допплера). Когда же соответствующие волны начнет посылать А. Верхний, они будут распространяться по направлению к приближающемуся, а не удаляющемуся А. Нижнему, и теперь эффект Допплера приведет к увеличению, а не к уменьшению скорости прибытия гребней волн к А. Нижнему.

23

В первом случае говорится о районе Нью-Йорка, где стрит и авеню расположены перпендикулярно друг к другу, образуя как бы прямоугольную сетку. Во втором случае столь строгий порядок отсутствует. — *Прим. перев.*

24

Начальная буква слова gravity — «гравитация». — *Прим. перед.*

25

В силу причудливости пространства — времени с математической точки зрения правильнее было бы сказать здесь не «кратчайшее», а «длиннейшее», но это, с другой стороны, внесло бы в наш рассказ некоторую путаницу.

Согласно современным уточненным оценкам, эта величина лежит между 41,5 и 43,5 дуговой секунды.

Эта уверенность основывалась, помимо всего прочего, на запутанных соотношениях между системами координат и системами отсчета. В своем рассказе мы намеренно не пытались устранить эту путаницу. Проблемы, с которыми приходилось иметь дело Эйнштейну, были необычайно тонкими.

28

Полное название: «Лондонское Королевское общество содействия успехам естествознания». Королевское общество выполняет функции Национальной Академии наук. — *Прим. перев.*

29

Официальное звание директора Гринвичской астрономической обсерватории. — *Прим. перев.*

30

Влиятельная в те дни консервативная газета.

31

Кингз-Колледж — самостоятельное высшее учебное заведение в составе Лондонского университета. — *Прим. перев.*

Некоторые авторы датируют письмо 6 июля. — *Прим. перев.*

33

Макс Брук (1838–1920) — немецкий композитор и дирижер. — *Прим. перев.*

34

Секретарь Эйнштейна — Элен Дюкас — принимала участие в создании этой книги. — *Прим. перев.*

В последовательности этих событий есть некоторая странность, выходящая за рамки очевидной странности концепций. Оказывается, метод статистического подсчета Бозе не был абсолютно новым. Он был в общих чертах намечен в связи с формулой Планка еще в 1911 г. другими учеными, в частности Эренфестом. Можно было бы полагать, что уж кто-кто, а Эйнштейн с его всепоглощающим интересом и к формуле Планка, и к квантам света, должен был бы ухватиться за этот зародыш идеи, а может быть, даже незамедлительно воспользоваться им применительно к материальным частицам в газе, не дожидаясь того, чтобы статья Бозе натолкнула его на эту мысль. Вполне может статься, что в 1911 г. Эйнштейн не был в состоянии воспринять эту идею и сразу же ввести ее в свою систему понятий, поскольку он испытывал психологическую потребность считать свои революционные кванты света частицами. Даже в 1924 г. он с большой неохотой признал, что примененные им и Бозе статистические методы лишили эти частицы индивидуальности, и потому физическое понятие частицы стало менее четким. Эту психологическую потребность Эйнштейна, если она действительно имела место, следует учитывать, рассматривая дальнейшее развитие событий, описанных в этой главе.

Точнее было бы сказать «волнами амплитуд вероятности», но в данном случае нет необходимости в подобной точности.

37

На русский язык это можно перевести следующим образом: «Бог играет костями, а не в кости» — *Прим. перев.*

38

Солипсист — это человек, признающий единственной реальностью только самого себя и считающий, что все сущее есть плод его мыслей и чувств. Бесполезно пытаться убедить его в том, что мы тоже существуем, дав ему пощечину. Он лишь ответит, что мы и наша пощечина являемся продуктами его воображения. И нет никакого способа доказать, что он ошибается.

Эта удобная формулировка, хотя она и стала привычной, может ввести в заблуждение. Когда говорится, что «масса переходит в энергию», то после этого перехода массы ровно столько же, сколько было до него. Первоначально имеется масса покоя, которая как бы захвачена в плен. Затем часть ее или вся она высвобождается и становится массой в виде энергии движения или излучения. Эксперимент 1933 г. имел особое значение. Он подтвердил, хотя и для частного случая, не столько предположение Эйнштейна, сделанное им в 1905 г., о том, что вся энергия обладает массой, сколько его еще более смелый и гораздо более важный вывод 1907 г. о том, что *любая масса* эквивалентна энергии.

40

Raison d’être *(фр.)* — «причина существования». — *Прим. перев.*

Мы используем здесь такие численные значения, которые были получены спустя примерно десятилетие. Хотя различие и представляет исторический интерес, оно не меняет существа вопроса.

Это не имеет абсолютно ничего общего с сокращением Фитцджеральда — Лоренца.

43

En masse *(фр.)* — целиком, в преобладающем количестве, в подавляющем большинстве. — *Прим. перев.*

44

Автор имеет в виду завершающий этап Арденнской операции. — *Прим. перев.*

45

Enfant terrible *(фр.)* — «ужасный ребенок» (досл.). Применяется, в частности, к человеку, смущающему окружающих своей прямотой, необычностью взглядов, излишней откровенностью и т. п. — *Прим. перев.*

Вот как это звучит в оригинале по-немецки:

So sieht der alte Kerl jetzt aus
Du fühlst: O jeh! es ist ein Grauss
Denk: auf das Innre kommt es an
Und überhaupt — was liegt daran?

Г. Брох (1886–1951) — австрийский писатель. — *Прим. перев.*